



Bayerns Klima im Wandel – erkennen und handeln





Bayerns Klima im Wandel – erkennen und handeln

Impressum

Bayerns Klima im Wandel – erkennen und handeln

ISBN (Druck-Version) 978-3-940009-73-9

ISBN (Online-Version) 987-3-940009-74-6

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Telefon: (0821) 9071 — 0
Fax: (0821 9071) — 5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Konzept und Gesamtdredaktion:

LfU, Referat 15
Max Grad

Bosch & Partner GmbH
Josephspitalstraße 7, 80331 München
Konstanze Schönthaler

Grafik und Layout:

Bosch & Partner GmbH
Josephspitalstraße 7, 80331 München
Stefan v. Andrian-Werbung

Bilder:

siehe Bildnachweis Seite 92

Druck:

Beck Druck GmbH & Co. KG, Königstraße 66-68, 95028 Hof

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

August 2008, 2. aktualisierte Auflage

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Sie wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. 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 Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinarbeit der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bei publizistischer Verwertung - auch von Teilen - Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung.

Unter Tel. 0180 1201010 (3,9 Cent pro Minute aus dem deutschen Festnetz; abweichende Preise aus Mobilfunknetzen) 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.

Inhalt

Vorwort	6
Das Klimaproblem	8
Anzeichen des Klimawandels	10
Klima des 19. und 20. Jahrhunderts – vom Menschen beeinflusst?	10
Klimawandel: Alles nur Hysterie? – Stimmen die Argumente der Klimaskeptiker?	11
Seit hundert Jahren wird es in Bayern wärmer	14
Nassere Winter und trockenere Sommer	15
Wo bleibt der Schnee?	15
Was bringt uns die Zukunft? – Klimamodelle helfen weiter	16
Mediterrane Verhältnisse in Bayern	17
Auswirkungen des Klimawandels	21
Mehr Niederschlag und öfter Starkregen – nimmt die Hochwassergefahr weiter zu?	21
Niedrigwasser – trocknen unsere Gewässer aus und wird das Trinkwasser knapp?	22
Gletscher – unsere verlorenen Wasserspender	23
Landwirtschaft ist betroffen – stärkere Ernteschwankungen und mehr Krankheiten	24
Klimawandel – zusätzlicher Stress für den Wald	26
Der Klimawandel lässt auch die Tier- und Pflanzenwelt nicht kalt	28
Hitze, Pollen und Zecken – bringt der Klimawandel neue Gesundheitsgefahren?	30
Abschied von den Wintergästen?	32
Georisiken – Berge geraten in Bewegung	33
Ursachen und Verursacher	34
Treibhausgase heizen die Erdatmosphäre auf	34
Kohlendioxid – der Löwe unter den Treibhausgasen	36
Methan – überwiegend aus der Landwirtschaft	38
Lachgas – kein Grund zur Freude	39



Klimapolitik – Ziele und Programme	40
Klimaschutz warum?	42
Unüberschaubare Kosten zwingen zum Handeln	42
Klimaschutzprogramme	43
Und was geschieht in Deutschland?	43
Bayern – Erhaltung der Spitzenposition	44
<hr/>	
Klimaschutz – Minderung der Emissionen	46
Emissionsminderung – Schlüssel zum Klimaschutz	48
Der Freistaat engagiert sich	48
Kommunen aktiv	50
Kirchen – Engagement zur Bewahrung der Schöpfung	52
Klimaschutz – jeder von uns in der Verantwortung	53
Energieversorgung in Bayern – Vorfahrt für CO ₂ -arme und erneuerbare Energieträger	56
Klimaschutz – lukrativ für die Wirtschaft	60
Land- und Forstwirtschaft – produktive Beiträge zum Klimaschutz	62
Ökosysteme als Treibhausgas-Senken – eine weitere Möglichkeit zum Klimaschutz	64
Was sind Treibhausgas-Senken?	64
Senken im Fokus der Klimaverhandlungen	65
<hr/>	
Anpassung – Reagieren auf das Unvermeidliche	66
Anpassungsstrategien – für alle Bereiche der Wirtschaft	68
Hochwasserschutz – die Deiche werden höher	68
Wassermangel – vorausschauendes Management unverzichtbar	69
Neue Anbaumethoden und angepasstes Saatgut – die Landwirtschaft reagiert auf den Klimawandel	70
Waldumbau und geeignete Baumartenwahl – Forstwirtschaft im Zeichen des Klimawandels	71
Tourismuswirtschaft – Urlaub neben der Piste	72
Tier- und Pflanzenwelt im Klimastress – gezielte Hilfe durch Naturschutzprogramme	73
Private Vorsorge – wir brauchen eine neue Risikokultur	74
Jeder von uns in der Pflicht	74
Gesundheitsvorsorge – mit dem Klimawandel leben	75



Forschung, Entwicklung, Information	76
Forschung und Entwicklung – Know-How zum Umgang mit dem Klimawandel	78
Bayerische Forschung liefert regionalisierte Erkenntnisse	78
Forschungsverbände – Forschen über Fach- und Institutsgrenzen hinweg	78
Forschung und Modellvorhaben	79
Deutsche und europäische Forschung in Bayern	80
Umweltministerium und Landesamt für Umwelt informieren Sie	81
Ihre Fragen zum Thema Naturgefahren	81
Ihre Fragen zu Klima und Energie – und wie Sie selbst aktiv werden können	82
Ausstellungen und Publikationen	83
Noch mehr Klima-Informationen für Bayern	84
Bündnisse, Foren und Initiativen	84
Weitere Informationsangebote	84
<hr/>	
Anhang	86
Literatur	86
Das Klimaproblem	86
Klimapolitik – Ziele und Programme	87
Klimaschutz – Minderung der Emissionen	87
Anpassung – Reagieren auf das Unvermeidliche	88
Forschung, Entwicklung, Information	88
Abkürzungen zitierter Institutionen und Projekte	90
Glossar	91
Bildnachweis	94



Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser!

Das Klima bestimmt seit Jahrmillionen das Leben auf der Erde. Der Mensch beeinflusst seit Beginn der Industrialisierung die natürlichen Kreisläufe des Klimas. Die Auswirkungen sind deutlich zu spüren: schmelzende Gletscher, vermehrte Hochwasser, Dürren, sommerliche Hitzeperioden und Artenschwund, um nur einige zu nennen.

Die Bayerischen Alpen sind von den Auswirkungen des Klimawandels besonders betroffen. So hat sich z. B. die mittlere Jahrestemperatur im Alpenraum in den vergangenen 100 Jahren doppelt so stark erhöht wie im globalen Durchschnitt. Bayern verstärkt deshalb die laufenden Klimaschutz-Anstrengungen und erhöht die Ausgaben hierfür in den Jahren 2008-2011 um 350 Millionen Euro. Mit dem auf die spezifischen Verhältnisse in Bayern zugeschnittenen Maßnahmenpaket im „Klimaprogramm Bayern 2020“ wollen wir die Treibhausgasemissionen verringern und Bayern nachhaltig an die Folgen des Klimawandels anpassen.

Klimaschutz ist eine der größten Aufgaben des 21. Jahrhunderts geworden. Hier müssen Politik und Wirtschaft auf wissenschaftlicher Grundlage weitreichende Entscheidungen treffen, die auch für die Bürgerinnen und Bürger nachvollziehbar und von ihnen mitzutragen sind. Diesen gesellschaftlichen Konsens erreichen wir durch umfassende, ausgewogene und verständliche Informationen. Die vorliegende Broschüre des Bayerischen Landesamtes für Umwelt leistet hierzu einen wichtigen Beitrag.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'O. Bernhard'.

Dr. Otmar Bernhard, MdL
Staatsminister

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marcel Huber'.

Dr. Marcel Huber, MdL
Staatssekretär

Liebe Leserin, lieber Leser!

Der Klimawandel und seine Folgen haben eine rege öffentliche Diskussion entfacht: Täglich bringen die Medien Beiträge zu Klimaszenarien, Treibhausgasen, Ursachen und Verursachern sowie zu den notwendigen Anpassungsmaßnahmen. Dabei kursieren viele Zahlen, Szenarien, Prognosen und Meinungen, die zuweilen Zweifel an der gesamten Klimaforschung aufkommen lassen. Für den interessierten Leser ist es ein teilweise unübersehbares Dickicht mehr oder weniger fundierter Informationen.

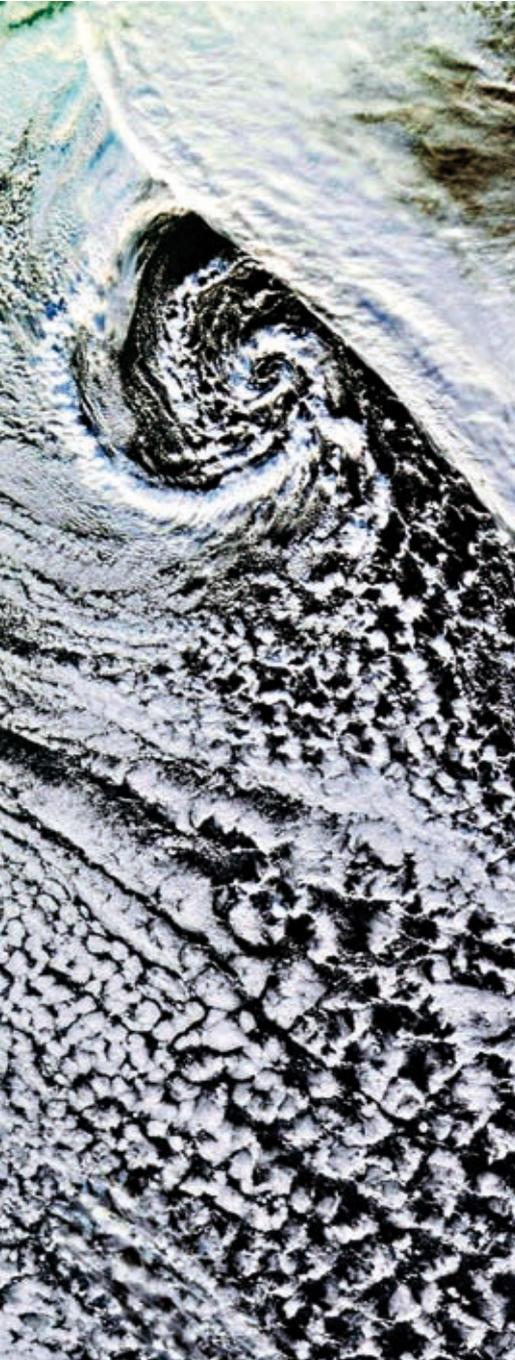
Klimaschutz ist ein komplexes Thema mit Langzeit-Auswirkungen. Wenn man im Klimaschutz weiterkommen will, bedarf es eines breiten gesellschaftlichen Konsenses, der jedoch nur zu erwarten ist, wenn die wahrlich komplexen Zusammenhänge von der Mehrheit der Bevölkerung auch verstanden werden. Das setzt qualifizierte Informationen voraus, wie sie trotz der medialen Präsenz des Themas noch fehlen.

Hier setzen wir mit der vorliegenden Veröffentlichung an, die den Bogen von den beobachteten Klimaveränderungen über die Folgen und Verursacher bis hin zu den Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen spannt. Sie gibt einen Überblick über die wichtigsten Zusammenhänge, bereitet aktuelle Daten auf und liefert Hinweise zur Vertiefung der Themen. Dabei stehen die Verhältnisse in Bayern besonders im Fokus, speziell auch die Maßnahmen des Klimaprogramms Bayern 2020. Das ist wichtig, denn der Klimawandel wirkt sich regional sehr unterschiedlich aus. Aber auch der Blick über die Länder- und Landesgrenzen kommt nicht zu kurz, weil globale Änderungen die lokale/regionale Entwicklung prägen.

Liebe Leserin, lieber Leser, wir alle sind aufgerufen, uns den Herausforderungen der Klimaänderung zu stellen und unseren Beitrag zu Klimaschutz und Anpassung zu leisten. Um zukunftsfähige Entscheidungen zu treffen gilt es, in der Debatte immer wieder die wesentlichen Fragen zu stellen, ohne Ängste zu schüren. Diese Broschüre soll Ihnen dafür das nötige Rüstzeug geben.



Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle
Präsident



Das Klimaproblem

Das Klima spielt eine Schlüsselrolle im Naturhaushalt, denn alle Lebensvorgänge auf der Erde sind von Temperatur und Wasser abhängig. Ändert sich das Klima, so hat dies einschneidende und teilweise nicht übersehbare Folgen für Mensch und Umwelt.

Durch den Ausstoß von Treibhausgasen haben wir den Stoffhaushalt der Atmosphäre und mit ihm den Temperatur- und Wasserhaushalt der Erde stark verändert. Unser Klima wandelt sich. Es wird wärmer, die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge verändert sich und Wetterextreme nehmen zu. Die Auswirkungen dieses Wandels sind bereits sichtbar und fühlbar, je nachdem, wo wir leben, in unterschiedlicher Weise.

Anzeichen des Klimawandels

10

Für die Klimaexperten steht fest: Der globale Klimawandel durch den Menschen ist Fakt. Auch in Bayern haben sich bereits die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse merklich verändert.

Auswirkungen des Klimawandels

21

Ändert sich das Klima, hat dies Auswirkungen auf die gesamte Natur, die Wirtschaft und auch unsere Gesundheit. Extreme Wetterereignisse bringen Hochwasser, Trockenheit und Stürme.

Ursachen und Verursacher

34

So kompliziert das Klimageschehen ist, so vielschichtig sind die Gründe für den Klimawandel. Es gibt nicht einige wenige Verursacher, wir alle sind in der Mitverantwortung.

Anzeichen des Klimawandels

Klima des 19. und 20. Jahrhunderts – vom Menschen beeinflusst?



Wetter ist nicht gleich Klima:

Wetter ist der Zustand der Atmosphäre über Stunden bis Tage,

Klima ist der statistisch gemittelte Zustand der Atmosphäre über Jahrzehnte.

Bis zur Industrialisierung lassen sich Klimaverhältnisse mit natürlichen Ursachen gut erklären.

Im Gegensatz zum → *Wetter*, das den aktuellen Zustand der Atmosphäre beschreibt und von großer Variabilität geprägt ist, charakterisiert das → *Klima* den statistischen Trend der Wetterphänomene über 30 Jahre oder länger. Änderungen des Klimas können natürliche Ursachen haben. So entstanden Eis- und Warmzeiten unter anderem durch Veränderungen der Erdumlaufbahn und der Erdachsenneigung über sehr lange Zeiträume hinweg. Auch Schwankungen der → *Sonnenaktivität* oder überregionale Wetterphänomene wie z. B. → *El Niño* wirken sich über Jahrzehnte auf die Klimaentwicklung aus.

In den letzten 5.000 Jahren hat sich die mittlere globale Temperatur allerdings nur wenig verändert. In einzelnen Regionen lagen die Temperaturen bis zu 1,5 Grad höher bzw. niedriger als heute. Das zeigt, wie erstaunlich stabil das Klima in diesem Zeitraum war, aber auch, welche schwerwiegenden Folgen selbst geringe Klimaschwankungen haben können: Im Laufe dieser Zeitspanne kam es zur umfangreichen Wanderungsbewegungen ganzer Völker aufgrund lang anhaltender Dürre- und Regenperioden oder Phasen merklicher Abkühlung.

Die Änderungen der Klimaverhältnisse lassen sich bis in das 19. Jahrhundert hinein mit natürlichen Ursachen gut erklären. Unbestritten beeinflusste der Mensch jedoch auch in früheren Zeiten das Klima, wenn auch nur im kleinräumigen Maßstab, z. B. mit umfangreichen Abholzungen im Mittelmeerraum durch Griechen, Phönizier und später die Römer.

Mit Beginn der industriellen Revolution Anfang des 19. Jahrhunderts veränderten sich jedoch die Verhältnisse. Die Nutzung fossiler Energie brachte einschneidende Veränderungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs, der eine herausragende Rolle für das Klima spielt. Seit 1860 ist die globale Konzentration von Kohlendioxid (CO₂) in der Atmosphäre von einem annähernd stabilen Wert von 280 → *ppm* auf heute über 380 ppm gestiegen. Sie ist damit so hoch wie in den letzten 750.000 Jahren nicht mehr.

Von verschiedenen Klimastationen vor allem in Europa und Nordamerika liegen umfangreiche Temperatur-Aufzeichnungen aus den letzten 100 bis 150 Jahren vor. Zum Teil reichen die Datenreihen sogar noch weiter zurück. Mit Hilfe dieser Messwerte sind unmittelbare Vergleiche zwischen der heutigen

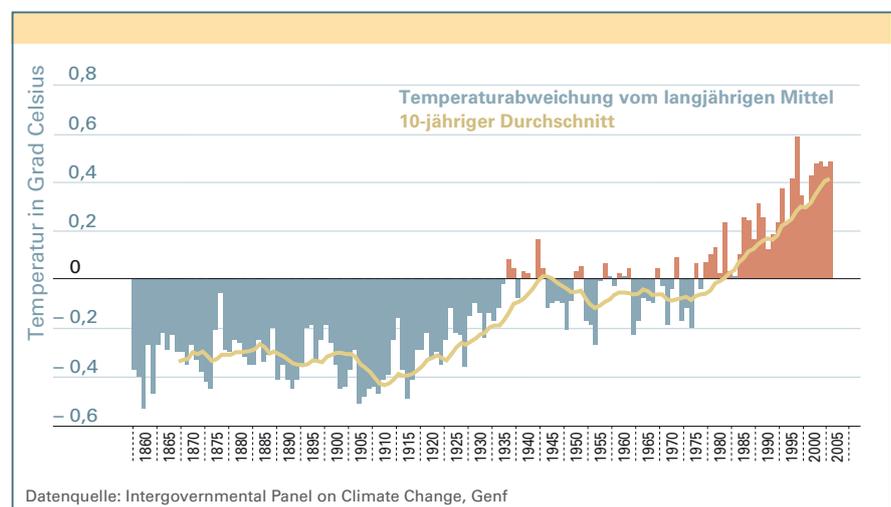


Abb. 1: Entwicklung der globalen Temperatur von 1860 bis 2005

Klimasituation und der vergangener Jahrhunderte möglich. Seit 1860 ist die globale Durchschnittstemperatur um etwa 1 Grad angestiegen. Mit 0,6 Grad wurde die stärkste Zunahme in den letzten 30 Jahren beobachtet. Sie verläuft um das Hundertfache rascher als alle bekannten natürlichen Erwärmungsprozesse. Die Dekade von 1990 bis 2000 war die wärmste der letzten tausend Jahre.

Klimawandel: Alles nur Hysterie? – Stimmen die Argumente der Klimaskeptiker?

Eindrucksvoll dokumentieren die Berichte des → *Zwischenstaatlichen Ausschusses über Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)* den immer deutlicher werdenden Einfluss des Menschen auf das Weltklima. Spätestens seit Vorstellung des vierten Sachstandsberichts im Jahr 2007 ist die Weltöffentlichkeit alarmiert.

Trotzdem gibt es noch immer „Klimaskeptiker“, darunter auch einige hochrangige Politiker, die den Trend, die Ursachen oder die Folgen einer globalen Erwärmung verneinen oder verharmlosen. Auch der deutschen Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe fehlt nach wie vor ein „zweifelsfreier Nachweis“ dafür, „dass die gegenwärtige Klimaerwärmung primär von dem anthropogenen Ausstoß an Treibhausgasen herrührt“.

Derart gegensätzliche Standpunkte verwirren immer noch die öffentliche Meinung. Sind die Warnungen des IPCC-Berichts nur Hysterie? Wie ernst muss man die Argumente der Skeptiker nehmen?

Trendskeptiker: „Es gibt keine globale Erwärmung.“ – Stimmt das?

Die Trendskeptiker behaupten: „Seit 1979 wird die Lufttemperatur der Erdatmosphäre von Satelliten aus gemessen. Die Aufzeichnungen zeigen einen minimalen Temperaturanstieg von 0,038 Grad pro Jahrzehnt seit 1979.“

i Richtig ist: Die Ergebnisse der Satellitenmessungen stehen scheinbar im Widerspruch zu den Messdaten bodennaher Stationen. Diese verzeichnen eine Erwärmung von 0,16 Grad pro Dekade im Zeitraum 1979 bis 2005. Die Daten sind jedoch nur bedingt miteinander vergleichbar: während die Temperaturen auf der Erde in zwei Meter Höhe über dem Boden gemessen werden, erfassen die Satelliten die durchschnittlichen Temperaturen in den untersten sechs Kilometern der Troposphäre. Die Temperaturen können innerhalb dieses großen vertikalen Höhenbereichs jedoch um bis zu 30 Grad variieren. Für Aussagen über langjährige Klimatrends sind daher die Bodendaten deutlich besser geeignet.

Außerdem erfassen die Satelliten auch Strahlung aus der Stratosphäre, die sich vor allem wegen des Ozonschwunds stark abgekühlt hat. Der Trend wird dadurch deutlich verfälscht. Nach mehrfacher Korrektur ergeben die verschiedenen publizierten Analysen der Satelliten-Daten nun Werte zwischen 0,08 und 0,26 Grad pro Jahrzehnt seit 1979. Von einem Widerspruch zu den Bodendaten kann also nicht mehr die Rede sein.

Die Trendskeptiker behaupten: „Bei dem am Boden messbaren Temperaturanstieg handelt es sich schlichtweg um ein Artefakt. Der Effekt entsteht durch eine zunehmende Verstädterung im Umfeld der Messstationen.“

i Richtig ist: Bekanntermaßen sind die Temperaturen in urbanen Gebieten höher als im Umland – ein Phänomen, das als „urbane Wärmeinseln“ bekannt ist. Daher werden die Messdaten aus städtischen Gebieten entsprechend korrigiert. Zudem zeigt sich der Erwärmungstrend auch in weiter Entfernung von Städten, nämlich über den Ozeanen und an Berg- oder Inselstationen.

Anthropogener „Treibhauseffekt“:
Die Dekade von 1990 bis 2000 war die wärmste der letzten 1.000 Jahre.

Die Weltöffentlichkeit ist alarmiert, aber es gibt sie immer noch, die Klimaskeptiker.

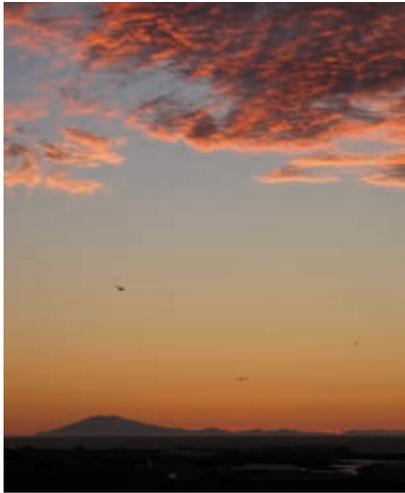
→ 4. Bericht des IPCC (1)

Die Trendskeptiker



→ Information des Umweltbundesamts zu den Argumenten der Klimaskeptiker (2)

Die Ursachenskeptiker



Erwärmung als Folge zyklischer
Sonnenaktivität?

Ursachenskeptiker: „Der Mensch ist nicht schuld am Klimawandel, weil natürliche Ursachen den Klimawandel verursachen“ – Stimmt das?

Die Ursachenskeptiker behaupten: „Die Strahlungsenergie der Sonne bestimmt das Klima auf der Erde. Sie ist direkt oder indirekt über Wolkenbildung für die aktuelle Klimaerwärmung verantwortlich, da die Sonnenaktivität zyklischen Schwankungen unterliegt.“

I Richtig ist: Schwankungen der Sonnenaktivität haben in der Vergangenheit tatsächlich zu Klimaänderungen beigetragen. Während des so genannten „Maunder-Minimums“ (1650 bis 1710), einer Zeit geringer Strahlungsintensität, waren die Temperaturen über 60 Jahre lang sehr niedrig („kleine Eiszeit“). Die rasante Erwärmung des 20. Jahrhunderts lässt sich damit nicht erklären. Analysen der Sonnenaktivität zeigen lediglich bis 1940 einen Anstieg der Strahlungsintensität, seither aber keinen aussagekräftigen Trend mehr.

Die Ursachenskeptiker behaupten: „Die Klimageschichte zeigt, dass die Entwicklung der globalen mittleren Lufttemperatur und des Kohlendioxid-Gehalts der Atmosphäre während der vergangenen 160.000 Jahre weitgehend parallel verlief. Allerdings begann die Temperaturkurve immer vor der CO₂-Kurve zu steigen bzw. zu fallen. Der CO₂-Anstieg ist also eine Folge, nicht die Ursache der globalen Erwärmung.“

I Richtig ist: Im Laufe der Erdgeschichte änderte sich die Temperatur mehrmals als Folge von Variationen der Erdbahnparameter. Bei Erwärmung bzw. Abkühlung wurde mehr bzw. weniger CO₂ aus den Ozeanen und durch stärkere bzw. geringere Zersetzung von Biomasse freigesetzt. Daher folgt die CO₂-Kurve der Temperaturkurve mit einer zeitlichen Verzögerung von etwa 8.000 Jahren. Dies ist aber eher ein Grund zur Besorgnis, denn zur Entwarnung. Heute verstärkt der Mensch den natürlichen Treibhauseffekt. Dies hat in nur 150 Jahren zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung von rund 1 Grad geführt. Gerade auf Grund der genannten Rückkopplungseffekte – mehr Erwärmung führt mit Verzögerung zu mehr CO₂ in der Atmosphäre – kann dies dramatische Folgen haben.

Die Ursachenskeptiker behaupten: „Im Vergleich zu Wasserdampf hat Kohlendioxid nur einen geringen Anteil am Treibhauseffekt. Es spielt daher nur eine untergeordnete Rolle.“

I Richtig ist: Wasserdampf macht etwa 66 %, Kohlendioxid dagegen nur 29 % des natürlichen Treibhauseffekts ausmachen. Weil der Mensch den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre jedoch nicht direkt beeinflussen kann, wohl aber den CO₂-Gehalt, spielt Wasserdampf in den Klimaverhandlungen keine Rolle, CO₂ ist hingegen das wichtigste anthropogene Treibhausgas.

...weil Kohlendioxid aus anderen Quellen, jedoch nicht maßgeblich vom Menschen, freigesetzt wird“ – Stimmt das?

Die Ursachenskeptiker behaupten: „Das atmosphärische Kohlendioxid wird nicht maßgeblich durch den Menschen freigesetzt. Es stammt überwiegend aus anderen Quellen, beispielsweise aus den Ozeanen als Folge (natürlicher) Erwärmung, aus Vulkanen oder Gesteinsausgasungen.“

I Richtig ist: Grundsätzlich entweicht umso mehr Kohlendioxid aus den Meeren, je wärmer es auf der Erde wird. Messungen zeigen jedoch, dass die im Wasser gelöste CO₂-Menge meist geringer ist als der CO₂-Gehalt in der Luftschicht über der Meeresoberfläche. CO₂ tritt deshalb überwiegend von der Atmosphäre in das Wasser über, die Ozeane wirken als → „CO₂-Senken“. Dies ist inzwischen durch mehrere Untersuchungen belegt. Dieser Prozess führt



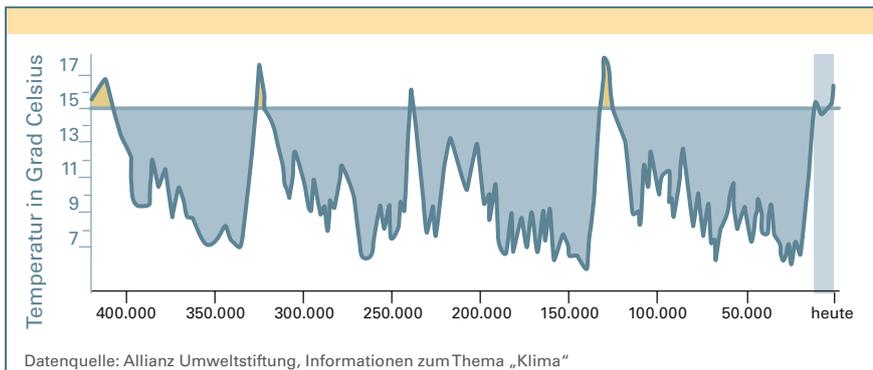
Vulkane als Klimakiller?

bereits zur merklichen Versauerung der Weltmeere mit negativen Folgen für Korallenriffe und Plankton. → *Isotopenanalysen* erlauben zudem, zwischen Kohlendioxid aus natürlichen Quellen und aus der Verbrennung von Kohle, Erdöl oder Erdgas zu unterscheiden. Sie beweisen: Etwa 75 % des CO₂-Anstiegs in der Atmosphäre sind auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Schließlich spricht die Tatsache, dass die CO₂-Konzentration der Atmosphäre vor der Industrialisierung relativ konstant war, gegen einen maßgeblichen Einfluss von Vulkanismus oder Gesteinsausgasungen.

Folgenskeptiker: „Eine dauerhafte Klimaerwärmung wird es nicht geben, und wenn, dann wird sie ohne gravierende Folgen bleiben oder sogar positiv wirken.“ – Stimmt das?

Die Folgenskeptiker behaupten: „Die Abfolge von Kalt- und Warmzeiten wird durch Variationen der Erdbahnparameter gesteuert. Demzufolge steht ohnehin eine neue Eiszeit bevor, eine Erwärmung ist nur positiv zu sehen.“

- ❗ Richtig ist: Analysen der Erdumlaufparameter ergeben, dass wir vom vorausichtlichen Höhepunkt der nächsten Eiszeit noch etwa 30.000 Jahre entfernt sind. Bei ungebremstem Ausstoß der Treibhausgase muss aber mit einer zusätzlichen Erwärmung um 1,1 bis 6,4 Grad bis zum Jahr 2100 gerechnet werden. Dieser Anstieg verläuft hundert mal schneller als natürliche Erwärmungsvorgänge. Es gibt also keinen Grund zur Entwarnung.



Die Folgenskeptiker

Abb. 2: Klimageschichte der letzten 400.000 Jahre – Wechsel von Warm- und Kaltzeiten

Die Folgenskeptiker behaupten: „Die Aussage, alle Gletscher wären im Rückgang begriffen, ist falsch. Gerade die weltweit größten Eismassen in der Antarktis schmelzen nicht. Teilweise dehnen sich die Gletscher in der Antarktis sogar aus.“

- ❗ Richtig ist: Die Antarktis ist der kälteste Teil der Erde. Bisher hat hier, abgesehen von der antarktischen Halbinsel, noch kein Abschmelzprozess eingesetzt. Die Erwärmung der Ozeane bedingt eine höhere absolute Feuchte der Atmosphäre. Durch Niederschlag und Kondensation kann die Menge des Eises dort also sogar zunehmen.

Tatsache ist aber, dass die Mehrheit der Gletscher schmilzt – nicht nur in Europa, sondern auch im Himalaja, den Rocky Mountains und der Andenkette. Die aktuellen Ereignisse des Abbruchs großer Teile des Wilkins-Schelfeises mit Abmessungen von 41 km mal 2,5 km deuten darauf hin, dass sich auch in der Antarktis die Anzeichen für einen Klimawandel mehren.



Schmelzen die Gletscher wirklich überall?

Die Folgenskeptiker behaupten: „Eine Klimaerwärmung ist durchaus wünschenswert, denn sie ermöglicht eine Ausdehnung der Landwirtschaft in höhere Breitengrade. Zudem fördert der Anstieg des CO₂-Gehalts das Pflanzenwachstum. Die Welternährung ist also gesichert“.

→ KomPASS – Kompetenzzentrum
Klimafolgen und Anpassung (3)

Lufttemperaturen sind in den letzten hundert Jahren in Bayern je nach Region um 0,5 bis 1,2 Grad im Jahresmittel angestiegen, am deutlichsten in den Alpen.

Abb. 3: Jahresmittel der Temperatur an der Messstation Hohenpeißenberg (1879-2005)

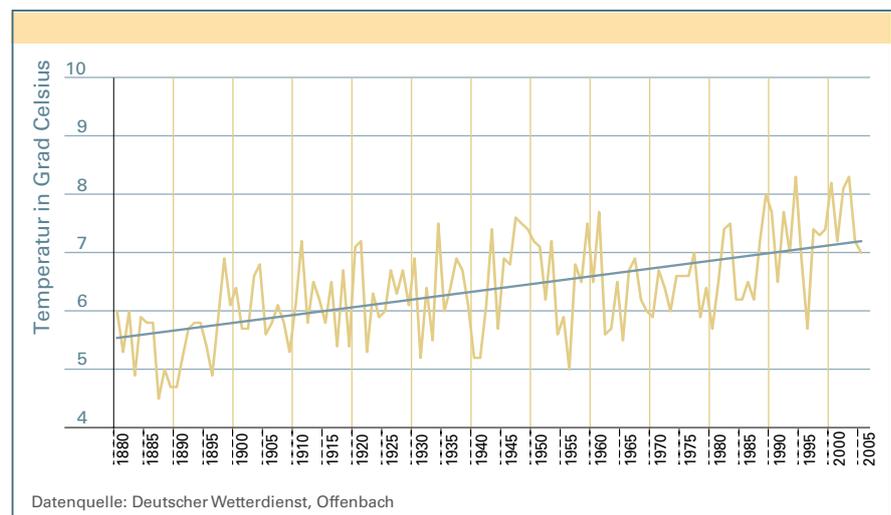
Lufttemperaturen sind im Winterhalbjahr stärker gestiegen als im Sommerhalbjahr.

❗ Richtig ist: Eine leichte Temperaturzunahme kann die Wachstumsbedingungen für Landwirtschaft und Wälder der gemäßigten Klimazone tatsächlich verbessern. Denn grundsätzlich fördern höhere Temperaturen und mehr Kohlendioxid das Pflanzenwachstum, sofern es nicht durch Trockenheit begrenzt ist. Eine höhere Temperatur beschleunigt jedoch auch die Zersetzung und Mineralisierung organischer Substanzen im Boden. Die Kohlenstoffvorräte nehmen ab und die → *Bodenfruchtbarkeit* geht verloren. Die negativen Auswirkungen stark erhöhter Temperaturen waren bereits im „Jahrhundertsommer“ 2003 zu spüren. Messungen zufolge blieb das Pflanzenwachstum in Europa auf Grund des Trockenstresses 30 % hinter den sonst üblichen Werten zurück. Auch die erwartete Zunahme von Wetterextremen kann zu stärkeren Ertragsschwankungen führen und die Anpassung durch geeignete Sortenwahl erschweren.

Global gesehen werden sich die Produktionsbedingungen insbesondere für solche Gebiete erheblich verschlechtern, in denen bereits jetzt mit hohem Aufwand (wie intensiver Bewässerung) Landwirtschaft betrieben wird oder die sich in den natürlichen Grenzregionen landwirtschaftlicher Nutzung befinden. Gerade für die unterentwickelten Länder trifft dies in hohem Maße zu. Dort muss in Zukunft mit einem deutlichen Rückgang der Ernteerträge gerechnet werden. Letztendlich werden die Lebensbedingungen durch die globale Erwärmung unberechenbarer. Die Folgen sind nicht wirklich abzusehen.

Seit hundert Jahren wird es in Bayern wärmer

Mit rund 0,8 Grad sind die Jahresmittel der Lufttemperatur für ganz Bayern in den vergangenen hundert Jahren geringfügig stärker gestiegen als der globale Wert von 0,7 Grad. Die stärkste Erhöhung vollzog sich in den letzten beiden Jahrzehnten, war regional jedoch sehr unterschiedlich ausgeprägt. In den Bayerischen Alpen fiel die Erwärmung beispielsweise in den letzten 50 Jahren doppelt so hoch aus wie im globalen Durchschnitt.



Im innerjährlichen Verlauf sind in Bayern die Lufttemperaturen insbesondere im hydrologischen Winterhalbjahr angestiegen. Die stärksten Erwärmungen waren im Dezember zu beobachten. Im Gebietsmittel gab es hier Erhöhungen zwischen 1,8 und 2,5 Grad, in den Monaten Januar bis März zwischen 1,0 bis 2,4 Grad. Am stärksten stiegen die Temperaturen in den unteren Höhenlagen bis etwa 500 m Meereshöhe. Der Monat April ist der einzige Monat im gesamten Jahresablauf, in dem flächendeckend ein Rückgang der Monatsmitteltemperatur zu verzeichnen war.

Die Ursache der winterlichen Temperaturzunahmen ist vermutlich die zunehmende Häufigkeit der zyklonalen West- und Südwestwetterlagen mit Zufuhr relativ milder und feuchter Meeresluftmassen. Abgenommen haben hingegen die winterkalten Nord-, Nordost-, Ost- und Südostlagen.

Im Gegensatz zum Winterhalbjahr waren die Änderungen im hydrologischen Sommerhalbjahr weniger ausgeprägt. Sie unterscheiden sich deutlich in Abhängigkeit von der Region. Am stärksten stiegen die Temperaturen in den Monaten August (im Gebietsmittel zwischen 0,8 und 1,6 Grad) und Oktober. Im August lag der Schwerpunkt der Erwärmung in den unteren Höhenlagen bis etwa 500m Meereshöhe. Im Oktober gab es die größten Temperaturzunahmen in den Hochlagen der Mittelgebirge und besonders der Alpen oberhalb von etwa 1.000m Meereshöhe. In den übrigen Sommermonaten haben sich die Monatsmitteltemperaturen nicht oder nur geringfügig verändert.

Nassere Winter und trockenere Sommer

Die Niederschlagsverteilung ist in Bayern regional stark differenziert. Die niederschlagsarmen Regionen Nord- und Nordwestbayerns stehen den niederschlagsreichen Gebieten der Mittelgebirge (Spessart, Jura, Fichtelgebirge, Bayerischer Wald) und des Alpenvorlands mit den Alpen gegenüber. Damit erklären sich auch die deutlichen Unterschiede im Wasserdargebot: Das natürliche Angebot an Wasser ist im Süden Bayerns rund dreimal so groß wie im trockenen Franken.

Der Anstieg der Lufttemperatur hat aufgrund physikalischer Zusammenhänge Auswirkungen auf den Wasserkreislauf. Im Zeitraum 1931 bis 1997 hat sich die jährliche Niederschlagsmenge für Bayern allerdings nur in wenigen Gebieten verändert. Es gab aber eine deutliche innerjährliche Umverteilung der Niederschläge. Sowohl die → *Trockentage* als auch die Tageswerte der Niederschläge mit überdurchschnittlichen, jedoch nicht extremen Beträgen haben zugenommen. Die gravierendsten Veränderungen vollzogen sich in den 1960er und 1970er Jahren.

In den Sommermonaten Juni bis August hat es, mit Ausnahme des südlichen Bayerns und des Niederbayerischen Hügellands, überall weniger häufig geregnet, und die Niederschläge waren weniger extrem. Im niederschlagsarmen Nordfranken betrug die Abnahme mehr als ein Drittel hochgerechnet auf ein Jahrhundert. Der Rückgang ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Tage mit hohen Niederschlägen weniger geworden sind.

Im Winter (Dezember bis Februar) kam es dagegen in den meisten Gebieten Bayerns zu einer Zunahme der Niederschläge. Sowohl die mittleren täglichen Niederschlagsmengen als auch die Häufigkeit von Tagen mit sehr hohen Niederschlägen nahmen zu. Am deutlichsten waren die Zunahmen im Norden Bayerns, am wenigsten signifikant im Bereich des Alpenvorlands.

Wo bleibt der Schnee?

Bereits seit den 1950er Jahren lässt sich ein klarer Trend zu schneeärmeren Wintern beobachten. Insbesondere in den unteren und mittleren Höhenlagen hat die → *Schneedeckendauer* abgenommen. Grund sind die höheren Lufttemperaturen zwischen Dezember und März.

Außerdem haben die → *Winterdecken* deutlich an Dauerhaftigkeit eingebüßt. In Bayern hat sich – bis in die mittleren Höhenlagen reichend – die Dauer der längsten Schneedeckenperiode im Winter zwischen 1951/52 und 1995/96 im Mittel um bis zu 60 % verkürzt. Die beschriebenen Trends schwächen sich mit zunehmender Geländehöhe ab. Vereinzelt kommt es in den Kamm- und

Hydrologische Zeitabschnitte:

Hydrologisches Sommerhalbjahr:
1. Mai bis 31. Oktober

Hydrologisches Winterhalbjahr:
1. November bis 30. April.

→ KLIWA: Langzeitverhalten der Lufttemperatur (4)



Veränderungen des Niederschlagsgeschehens:
kaum veränderte Jahresniederschlagssummen ...

... aber saisonale Umverteilungen:
trockenere Sommer vor allem im Nordwesten Bayerns
niederschlagsreichere Winter vor allem im nordöstlichen Bayern

→ KLIWA: Langzeitverhalten von Gebietsniederschlägen (5)

Schneedeckenparameter:

Schneedeckendauer: Anzahl der Tage mit Schneedecke

Winterdecke: längste (ununterbrochene) Schneedeckenperiode

Schneedeckenzeit: Zeitspanne vom ersten bis letzten Schneedeckentag einschließlich schneedeckenfreier Tage



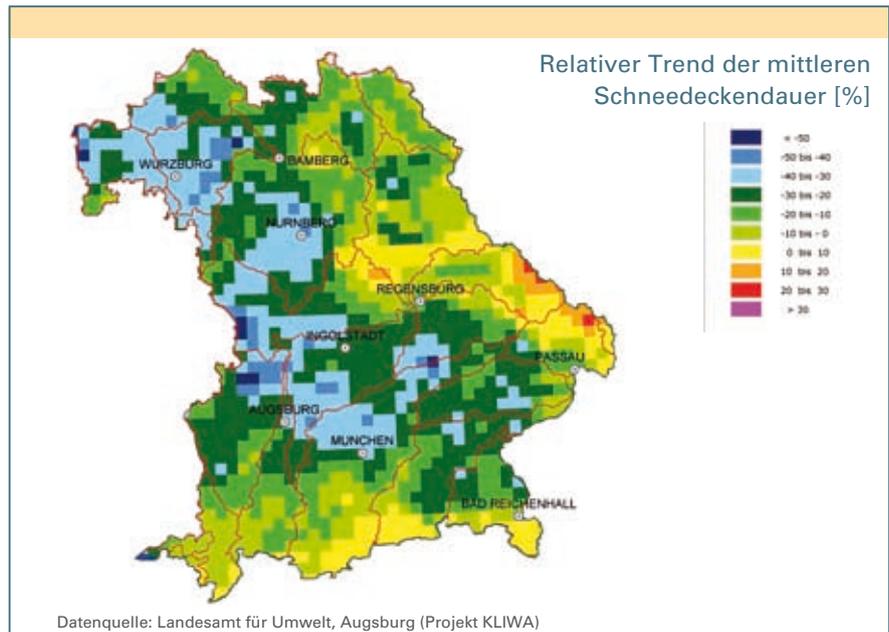
Abb. 4: Relativer Trend der mittleren Schneedeckendauer, Zeitraum 1951/52 bis 1995/96.

→ KLIWA: Langzeitverhalten der Schneedecke (6)

Der Winter wird schneeärmer, aber er „zieht sich“.

Modelle sind die einzige „Sprache“, mit der sich die komplexen Prozesse in überschaubarer Weise kommunizieren lassen.

→ Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert (MPI) (7)



Gipfellagen sogar zu einer Trendumkehr. So haben in den Hochlagen des Bayerischen Waldes und der Alpen die Tage mit Schneedecke im Beobachtungszeitraum zugenommen. Dies ist auf die im Winter höheren Niederschlagsmengen zurückzuführen, die in diesen Höhenlagen immer noch als Schnee fallen.

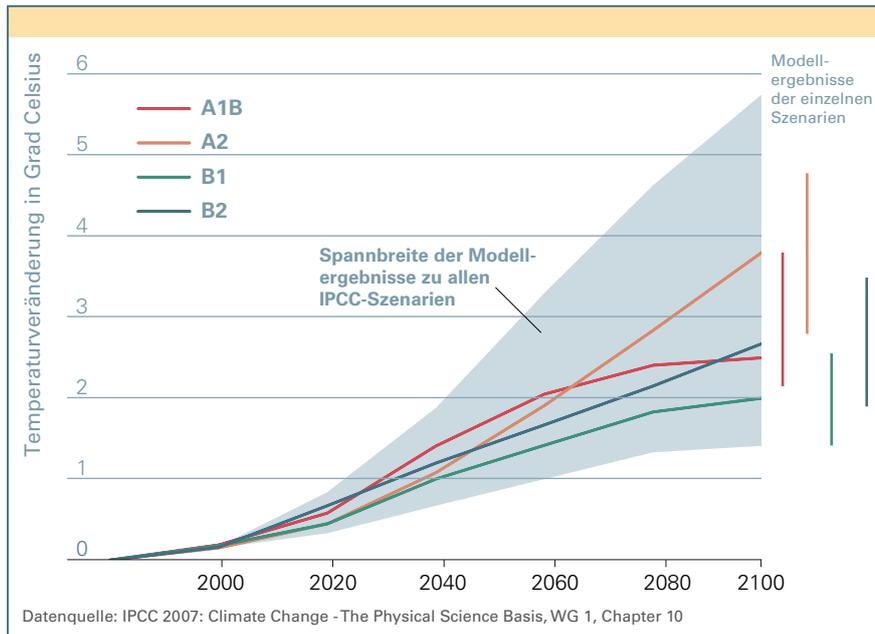
Extreme Wetterbedingungen und zurückgehende Monatsmitteltemperaturen im April bewirken allerdings, dass der Zeitraum im Jahr, in dem Schnee fallen kann, länger geworden ist. Immer wieder ist Schnee bereits im frühen Herbst bzw. noch im Frühling gefallen. Vor allem im Südosten des Bayerischen Waldes und im Norden der Fränkischen Alb hat sich die Schneedeckenzeit im Untersuchungszeitraum um bis zu 30 Tage verlängert.

Was bringt uns die Zukunft? – Klimamodelle helfen weiter

Die in den letzten hundert Jahren beobachteten Trends der Klimaentwicklung lassen sich nicht 1:1 in die Zukunft fortschreiben. Klimaprozesse sind komplex, und die das Klima steuernden Größen zeigen vielfältige Wechselbeziehungen. Klimamodelle sind theoretische Werkzeuge, mit denen die Zusammenhänge im Klimasystem abzubilden versuchen und mit denen sie Projektionen zur künftigen Entwicklung des Klimas berechnen.

Die zentrale Frage aller Klimaänderungsszenarien ist: Wie entwickelt sich das globale Klima durch den weiteren Anstieg der anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen und welche Folgen hat der zu erwartende Klimawandel? Schätzungen der zukünftigen Emissionen sind unsicher, denn sie sind von demographischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, politischen und technologischen Faktoren abhängig. Daher gehen die globalen Szenarien als Eingangsparemeter globaler Klimamodelle von einer großen Bandbreite von Annahmen aus. Vom → IPCC wurden mehrere Szenarien für die Entwicklung der Weltgemeinschaft im Zeitraum 2001 bis 2100 erarbeitet, auf deren Grundlage wiederum unterschiedliche Vorstellungen zur Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen abgeleitet wurden.

Je nach verwendetem Emissionsszenario verändern sich die Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre in unterschiedlichem Ausmaß. Die für die Modellierungen am häufigsten eingesetzten „Szenariengruppen“ A2, A1B sowie B1 und B2 gehen alle von einer steigenden Konzentration der Klimagase aus.



Globale Emissionsszenarien nach IPCC:

A1-Szenarien:

Starkes ökonomisches Wachstum und zunehmend ausgeglichenes Verhältnis zwischen Industriestaaten und Entwicklungsländern; Bevölkerungswachstum bis zur Mitte des Jahrhunderts, Einführung neuer und effizienter Technologien

A1B-Szenario:

Energiemix aus fossilen und nicht-fossilen Quellen

A2-Szenarien:

Ähnlich A1, nur ungleiche Entwicklung auf der Erde; stetig zunehmende Weltbevölkerung

B1-Szenarien:

Ähnlich A1, jedoch schnellerer ökonomischer Umbau mit mehr Materialeffizienz, sauberen und ressourcenschonenden Technologien

B2-Szenarien:

Ökonomische Entwicklung ähnlich A1 und B1, jedoch weniger rascher, dafür vielfältiger technologischer Fortschritt; zunehmende Weltbevölkerung (langsamer als A2); lokal unterschiedliche Entwicklungen

Abb. 5: Globale Emissionsszenarien und erwarteter Temperaturanstieg im 21. Jahrhundert

Zur Regionalisierung der globalen Klimaprojektionen wurden für Bayern verschiedene Modelle erprobt, von denen letztendlich ein statistisch-dynamisches Modell (WETTREG, MeteoResearch) für die weiteren Untersuchungen eingesetzt wurde. Den Berechnungen wurde das Szenario B2 zugrunde gelegt.

Mediterrane Verhältnisse in Bayern

Diese zunächst abwegig erscheinende Vorstellung könnte durchaus Realität werden. Denn aufgrund der Ergebnisse globaler Klimamodelle muss davon ausgegangen werden, dass sich der Temperaturanstieg in diesem Jahrhundert fortsetzt. Die aktuellen Projektionen des → IPCC für die globale Temperaturerhöhung bis zum Ende dieses Jahrhunderts schwanken zwischen 1,1 bis 6,4 Grad, abhängig von der Entwicklung der zukünftigen Treibhausgas-Emissionen. Auch in Bayern wird die Erwärmung in Zukunft voraussichtlich weiter deutlich zunehmen und zwar in allen Monaten des Jahres. Im Jahresmittel werden Temperaturzunahmen von 1,7 Grad vorhergesagt.

Für die Alpen zeigen Rechenmodelle eine starke allgemeine Zunahme der Temperaturen. Die mittlere Temperatur könnte hier mit regional unterschiedlicher Ausprägung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im Sommer um 3 bis 5 Grad und im Winter um 4 bis 6 Grad ansteigen.

Im → hydrologischen Winterhalbjahr wird der für Bayern prognostizierte Temperaturanstieg bis 2050 stärker ausfallen als im → hydrologischen Sommer. Im Sommer werden die mittleren Temperaturen und die Minimumtemperaturen bis zum Zeitraum 2021 bis 2050 im Vergleich zu 1971 bis 2000 um ungefähr 1,4 Grad steigen, die Maximaltemperaturen mit 2 Grad noch etwas mehr. Im Winter liegt die Zunahme mit durchschnittlich 2,1 Grad noch darüber. Steigende Temperaturen im Winter sind insofern von besonderer Bedeutung, als sie großen Einfluss auf die Form des Niederschlags haben. Fällt dieser häufiger als Regen und seltener als Schnee, wird die Entstehung von Hochwasser begünstigt.

Die absehbare Zunahme der Temperaturen wird sich sowohl bei den Mittelwerten als auch den Extremwerten bemerkbar machen. Bis 2050 werden im Mittel aller beobachteten Stationen in Bayern 48 → Sommertage pro Jahr zu



Weiter steigende Temperaturen in Bayern, besonders im Winterhalbjahr

☐ → Projekt ClimChALP (8)

☐ → Klimawandel in den Alpen (9)

☐ → KLIWA: Regionale Klimaszenarien für Süddeutschland (10)

Bis zum Jahr 2050: Anstieg im Winter um über 2 Grad

☐ → KLIWA: Unser Klima verändert sich (11)

Temperaturkenntage:

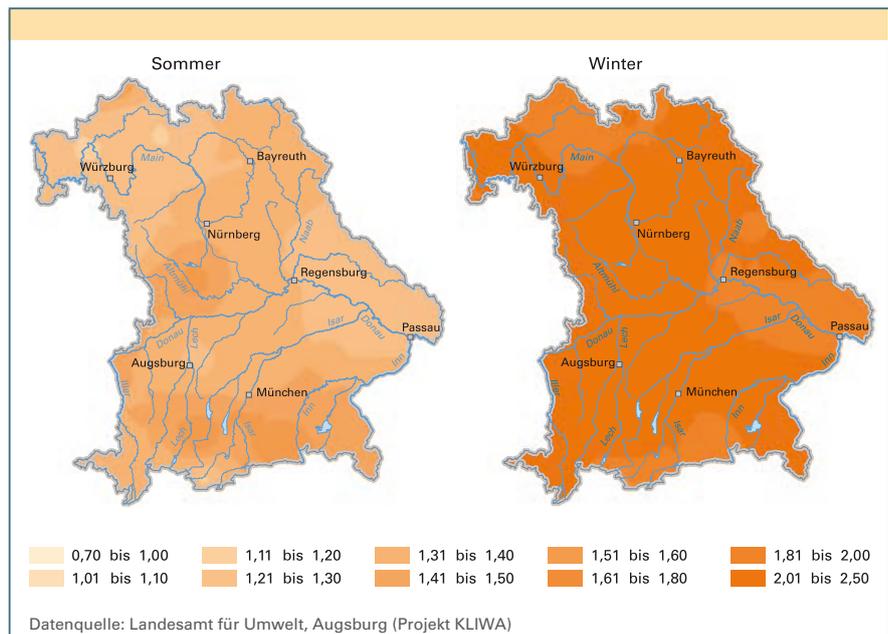
Eistag: Maximumtemperatur unter 0 Grad

Frosttag: Minimumtemperatur unter 0 Grad

Sommertag: Maximumtemperatur über 25 Grad

Heißer Tag: Maximumtemperatur über 30 Grad

Abb. 6: Absolute Temperaturänderung in Grad in Bayern im Sommer und Winterhalbjahr (berechnete Vergleichswerte 1971 bis 2000 mit Projektion 2021 bis 2050, Modell ECHAM4, Szenario B2, regionales Modell ENKE)



verzeichnen sein, im Gegensatz zu 32 Tagen im Zeitraum 1971 bis 2000. Die durchschnittliche Anzahl → *heißer Tage* soll sich nahezu verdoppeln, im Mittel von 6 auf 11 heiße Tage pro Jahr.

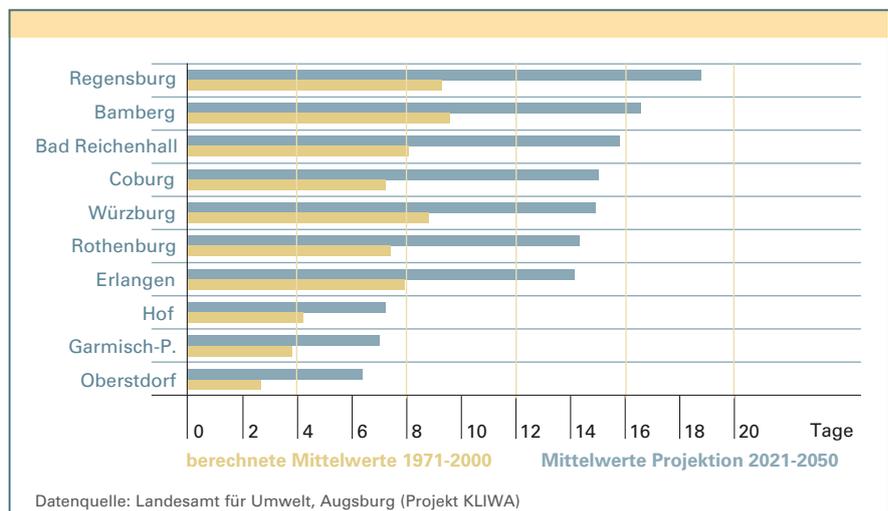
Die Anzahl der → *Eis- und Froststage* wird in Folge der deutlichen winterlichen Erwärmung abnehmen. Bis 2050 soll es im Mittel 28 Frosttage pro Jahr weniger geben. Die Anzahl der Eistage wird sich sogar halbieren. Auf der Zugspitze wird es anstelle von heute 210 Eistagen künftig nur noch 185 Tage mit Maximaltemperaturen unter dem Gefrierpunkt geben.

Auch in Zukunft deutliche saisonale Unterschiede bei der Veränderung der Niederschläge:

leichte Abnahme im Sommerhalbjahr, deutliche Zunahme im Winterhalbjahr

Die bereits für das letzte Jahrhundert festgestellte Saisonalität bei der Entwicklung des Niederschlagsregimes findet sich auch in den Klimaprojektionen wieder. Bezogen auf den Zeitraum 2021 bis 2050 zeigen die Modellrechnungen für das Sommerhalbjahr in Bayern eine geringe Abnahme der großräumigen Niederschläge um bis zu 10 %. Für einzelne Regionen können diese Veränderungen auch stärker ausfallen, wie etwa für Teile Mittelfrankens, der Oberpfalz und den Osten Niederbayerns. Für das Winterhalbjahr könnte sich dagegen landesweit eine deutlichere Zunahme der Niederschlagsmenge von 5 bis 20 %, in einigen Bereichen Unterfrankens von bis zu 35 % ergeben.

Abb. 7: Anzahl der heißen Tage über 30 Grad im Zeitraum 1971 bis 2000 und 2021 bis 2050 (Projektion, ECHAM4, B2, ENKE)



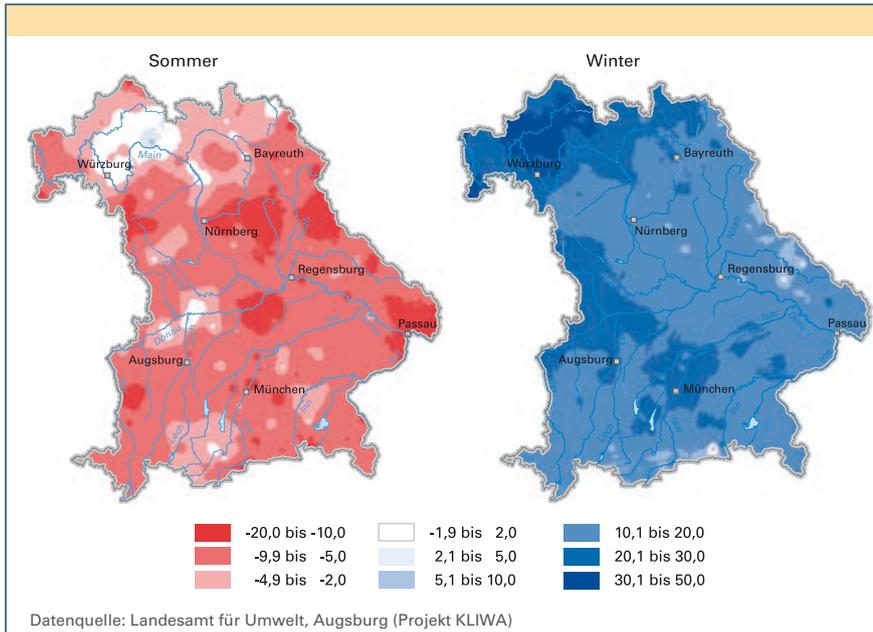


Abb. 8: Prozentuale Änderung des Niederschlags im Sommer- und Winterhalbjahr (Vergleich 1971 bis 2000 mit Projektion 2021 bis 2050, ECHAM4, B2, ENKE)

Die Starkregenereignisse (mit Niederschlägen von mehr als 25 Liter pro Quadratmeter) werden voraussichtlich im Winterhalbjahr ebenfalls zunehmen, im Sommer eher zurückgehen. Die winterlichen Zunahmen konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Bayerischen Wald und das südöstliche Chiemsee-Gebiet. Da außerdem milde und feuchte Westwetterlagen mit mehr Regen als Schnee im Winter häufiger auftreten, fehlt die Speicherwirkung der Schneedecke; die Hochwassergefahr kann steigen.

Bei der zukünftigen Entwicklung der → *Trockentage* zeichnen sich ebenfalls saisonale Unterschiede ab. Im Winterhalbjahr nehmen die Trockentage im Mittel um rund 6 % ab, während sie in den für die Vegetation wichtigen Monaten des Sommerhalbjahrs um ungefähr 5 % zunehmen. Dieser allgemeine Trend ist jedoch regional unterschiedlich ausgeprägt.

Eine Zunahme der Trockentage und niederschlagsärmere Sommer wird insbesondere die Land- und Forstwirtschaft sowie die Wasserversorgung in den heute schon wasserärmeren Regionen Bayerns belasten.

→ KLIWA: Unser Klima verändert sich (12)

Trockentage:

Trockentage sind Tage mit Niederschlägen von weniger als 1 Liter pro Quadratmeter.

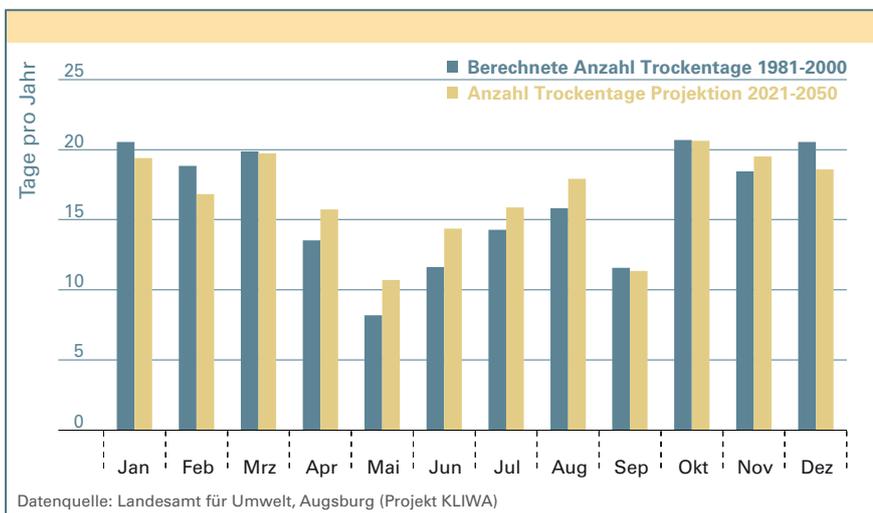


Abb. 9: Anzahl der Trockentage pro Jahr an der Messstation Hohenpeißenberg im Zeitraum 1981 bis 2000 und 2021 bis 2050 (Projektion, ECHAM4, B2, ENKE)

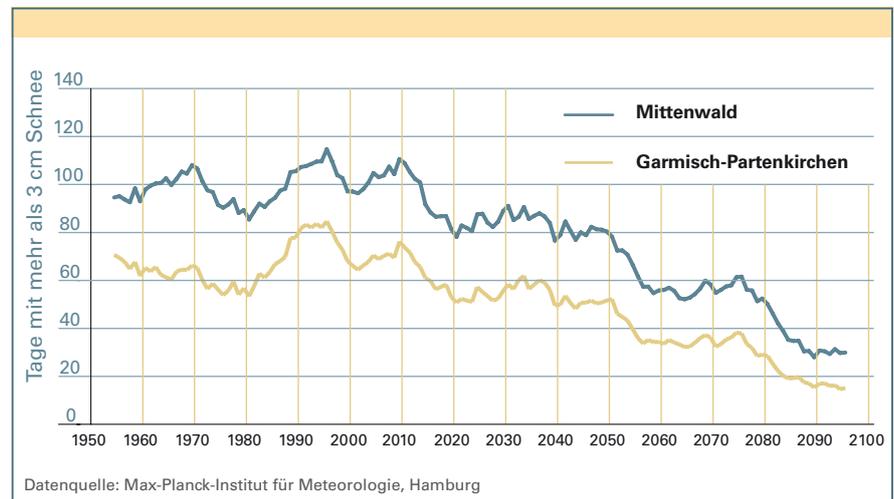
Weitere Abnahme der winterlichen Schneefälle



Die in Zukunft weiter steigenden Temperaturen insbesondere in den Wintermonaten werden den Anteil flüssiger Niederschläge und die Anzahl der Schneeschmelzperioden während des Winters erhöhen. Das bedeutet, in den Mittel- und Hochgebirgen wird der Niederschlag häufiger als Regen denn als Schnee fallen. Lag dort der Anteil des Schnees am jährlichen Gesamtniederschlag in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts bei einem Drittel, könnte es bis Ende des 21. Jahrhunderts nur noch ein Sechstel sein.

Für Bayern gibt es derzeit jedoch noch keine genaueren Aussagen zur künftigen Entwicklung der Schneedeckenparameter. Allgemeingültige Schätzungen des IPCC gehen davon aus, dass mit jedem Grad Temperaturerhöhung in der Zukunft die Schneefallgrenze um ungefähr 150 Höhenmeter steigt und sich die Schneedeckendauer um mehrere Wochen verkürzt. Bis zum Ende des Jahrhunderts kann die winterliche Schneemenge um 80 bis 90 % abnehmen, in den Hochlagen der Alpen d. h. über 2.000 m Meereshöhe um 30 bis 50 %. Die Veränderung wird eher das Ende der Saison (Frühling) betreffen als den Anfang (Herbst). Dies könnte erhebliche Auswirkungen sowohl auf die Vegetationsperiode als auch auf die Schmelzwasserpegel haben, deren Maxima sich zum Winter hin verlagern würden.

Abb. 10: Modellerte Änderung der Tage pro Jahr mit einer Schneedecke >3cm für die Regionen Mittenwald und Garmisch-Partenkirchen (Szenario A1B)



Auswirkungen des Klimawandels

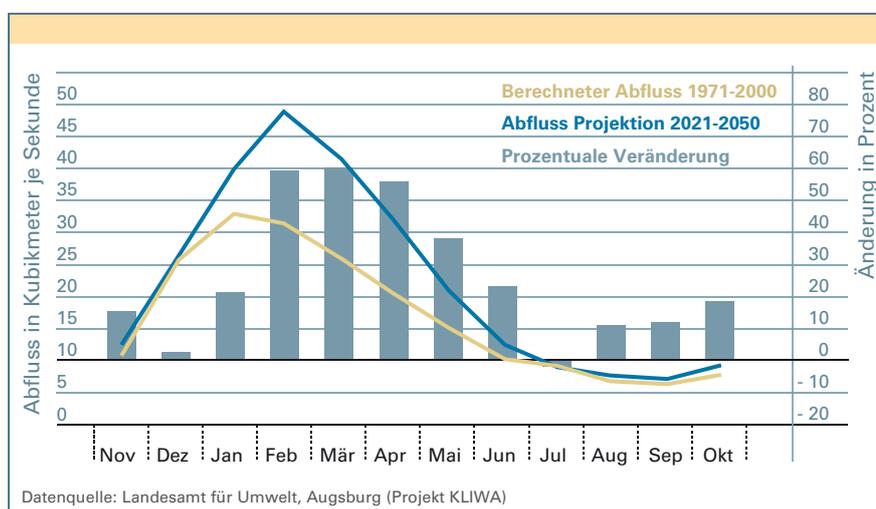
Mehr Niederschlag und öfter Starkregen – nimmt die Hochwassergefahr weiter zu?

Zwischen Klima und Wasserkreislauf bestehen enge Zusammenhänge. Das bedeutet, dass sich veränderte Niederschlags- und Temperaturverhältnisse auf alle Prozesse im Wasserkreislauf auswirken. Dies betrifft sowohl die Grundwasserneubildung als auch den Oberflächenabfluss. Eine Zunahme der Temperaturen bedeutet für den Wasserhaushalt zunächst eine Erhöhung der potenziellen Verdunstung besonders in den Sommermonaten, zusätzlich aber auch eine Erhöhung der Abflüsse im Winterhalbjahr, vor allem wenn höhere Wintertemperaturen und höherer Winterniederschläge zusammenwirken. Nimmt der Schneean teil an den Niederschlägen ab und verringert sich in Folge die Schneedeckenhöhe und das Speichervolumen, können die Niederschläge unmittelbar abfließen.

Hochwasser entsteht großräumig, wenn es lange und ergiebig regnet und der Boden nicht mehr genug Wasser aufnehmen kann. Ist er gesättigt, fließen große Wassermengen auf direktem Weg in Bäche und Flüsse. Heftige Starkregeneignisse können lokale Hochwasser auslösen, wenn in kurzer Zeit sehr viel Regen fällt, der nicht rasch genug versickern kann. Im Winter können Schneeschmelze und gefrorene Böden die Hochwassergefahr zusätzlich erhöhen.

Für das Einzugsgebiet des Mains wurden mit Hilfe regionaler Klimamodelle in Verbindung mit Wasserhaushaltsmodellen erstmalig die Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwassergefahren und deren ökonomische Folgen in Bayern quantifiziert und analysiert. Für den Szenario-Zeitraum 2021 bis 2050 zeigen die Ergebnisse, dass sich insbesondere in den Wintermonaten November bis April der Temperaturanstieg und der Einfluss feuchter Westwetterlagen deutlich bemerkbar machen werden. Wärmere und niederschlagsreichere Winter, verbunden mit einer Zunahme extremer Ereignisse wie etwa Stürme oder Starkniederschläge, werden eine Verschärfung der Hochwassergefahr zur Folge haben.

Die Modellrechnungen verdeutlichen, dass vor allem kleinere und mittlere Hochwasserereignisse zunehmen, und dies ausgeprägt im Winterhalbjahr. Für das Maingebiet sind die größten Veränderungen für die Monate Februar bis April berechnet worden, mit Zunahmen des Abflusses bis zu 60 % gegenüber dem Vergleichszeitraum 1971 bis 2000. Auch für den → *hundertjährigen Hochwasserabfluss* ist mit einem Anstieg in der Größenordnung bis 15 % zu rechnen.



Nur geringe Veränderungen der Hochwasserabflüsse im Sommer und Herbst, aber deutliche Erhöhung im Winter und Frühjahr prognostiziert

→ KLIWA: Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Bayern (13)

→ ESPACE: Klimawandel und Flussgebietsplanung (14)



Abb. 11: Zunahme des monatlichen Hochwasserabflusses an der Fränkischen Saale (Pegel Bad Kissingen) – Projektion für 2021 bis 2050 (ECHAM4, B2, ENKE)

Niedrigwasser

So bezeichnet man einen Wasserstand von Gewässern, der deutlich unter einem als normal definierten Zustand liegt.

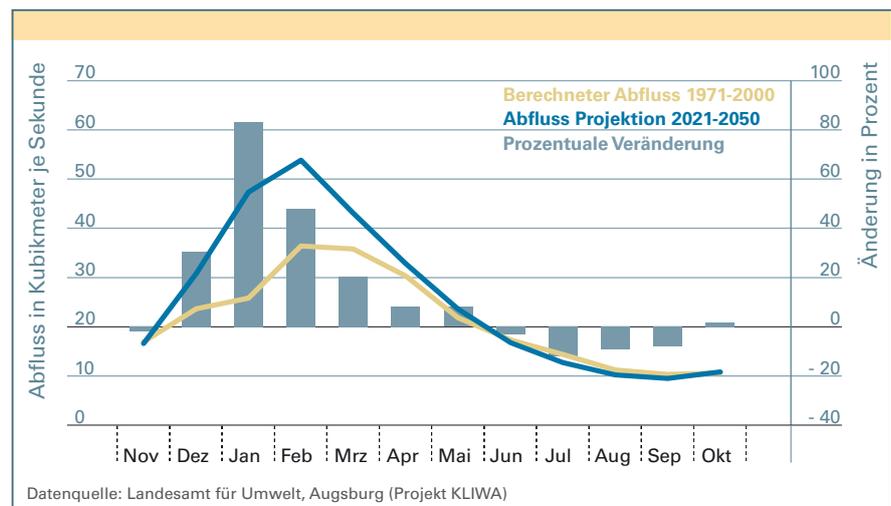
In den zurückliegenden rund 50 Jahren höhere Niedrigwasserabflüsse im Winter, keine einheitlichen Veränderungen im Sommer

Niedrigwasser – trocknen unsere Gewässer aus und wird das Trinkwasser knapp?

Der Klimawandel führt nicht nur zu einer veränderten Hochwassersituation, sondern wirkt sich auch auf das Niedrigwassergeschehen aus. Dies kann vielfältige Auswirkungen haben. → *Niedrigwasser* kann bei größeren Flüssen, aus denen Kraftwerke Kühlwasser entnehmen, die Wassertemperatur erhöhen und damit die Wasserqualität negativ beeinflussen und die Stromerzeugung einschränken. Bei kleineren Flüssen mit umfangreichen Einleitungen aus Kläranlagen können in Niedrigwasserperioden verstärkt Qualitätsprobleme entstehen. Der „Jahrhundertssommer“ 2003 bot bereits einen Vorgeschmack auf die Situation trocken fallender Fließgewässer und Seen.

Untersuchungen an ausgewählten Pegeln bayerischer Flüsse in den vergangenen 50 Jahren zeigten in den überwiegenden Fällen eine Erhöhung des Niedrigwasserabflusses im Jahresmittel. Diese wird größtenteils durch eine deutliche Zunahme des Niedrigwasserabflusses im Winter hervorgerufen. Demgegenüber sind die sommerlichen Trends an den meisten Pegeln uneinheitlich, oder es konnten keine Veränderungen festgestellt werden. Nur an einigen wenigen Flüssen wie z. B. an der Iller (Pegel Sonthofen) sind die Niedrigwasserabflüsse im Zeitraum 1951 bis 2001 zurückgegangen. Von den untersuchten Einzugsgebieten liegen die Gebiete mit dem stärksten Rückgang der sommerlichen Niedrigwasserabflüsse am Alpenrand und im nördlichen Teil Bayerns.

Abb. 12: Entwicklung des monatlichen Niedrigwasserabflusses am Main (Pegel Kemmern) – Projektion für 2021 bis 2050 (ECHAM4, B2, ENKE)



Weitere Verstärkung der Saisonalität für die Zukunft prognostiziert



Ausgetrockneter Sylvensteinspeicher

Für die Zukunft (Projektionszeitraum 2021 bis 2050) deuten Wasserhaushaltsmodelle in Verbindung mit regionalen Klimamodellen auf eine weitere Verstärkung der bereits heute erkennbaren Saisonalität der Niedrigwasserabflüsse hin, d. h. die Abflüsse nehmen im Winter in der Tendenz weiter zu, im Sommer dagegen eher ab. Diese Befunde stehen im engen Zusammenhang mit der vorhergesagten Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter. Hinzu kommt, dass häufigere Schneeschmelzen während des Winters die Abflüsse zusätzlich erhöhen werden.

Neben einem absoluten Rückgang des sommerlichen Niedrigwasserabflusses wird zusätzlich von einer deutlichen Erhöhung von Anzahl und Dauer der Niedrigwasserperioden ausgegangen. Dies kann erhebliche (wasser-)wirtschaftliche Auswirkungen haben. Erwärmen sich die Fließgewässer und sinken die Abflüsse in den Niedrigwasserperioden des Jahres zu stark, kann dies Konsequenzen für die Energiegewinnung haben, da nicht mehr in ausreichender Menge Kühlwasser zur Verfügung steht und das Wasservolumen in Speicherseen zurück

geht. So musste im Hitzesommer 2003 die Leistung des Kernkraftwerks Isar I bei Landshut gedrosselt werden, da die Gefahr bestand, dass die Isar durch das zurückgeleitete Kühlwasser auf mehr als 25 Grad erhitzt würde.

Auch in der Schifffahrt erfordern extremere Abflussbedingungen, d. h. häufigere Hochwasser und eine Verschärfung der Niedrigwassersituation, Anpassungsmaßnahmen seitens der Nutzer und Betreiber der Wasserstraßen. Dies gilt insbesondere mit Blick auf den Einsatz immer größerer Schiffstypen mit entsprechendem Tiefgang.

Für Fließgewässer, die ihr Einzugsgebiet überwiegend im Gebirgsbereich haben, könnten sich merkliche Veränderungen in der Wasserführung ergeben. Wenn in höheren Lagen im Winter künftig geringere Wassermengen in der zurückgehenden Schneedecke gespeichert werden, nimmt deren puffernde Wirkung auf den Abfluss ab. Die Folgen wären weiter steigende Winterabflüsse und noch geringere Sommerabflüsse.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens GLOWA Danube werden derzeit auch die Folgen von Extremabflüssen für den Kraftwerksbetrieb und die Binnenschifffahrt in Bayern näher untersucht.

Zu den Auswirkungen der in Zukunft möglicherweise ausgeprägteren Niedrigwasserperioden auf die Grundwasserspende gibt es zurzeit noch keine Gesamteinschätzung für Bayern. Für das Einzugsgebiet des Mains wurde aufgrund der insgesamt höheren Jahresniederschläge eine Zunahme der Grundwasserneubildung prognostiziert. Die bisherigen Modellierungen berücksichtigen jedoch noch nicht die jahreszeitlichen Verschiebungen des Niederschlags, die deutliche Auswirkungen auf den Jahresgang der Grundwasserneubildung haben werden. Außerdem muss davon ausgegangen werden, dass sich räumliche Unterschiede verschärfen werden. Das bedeutet, dass bei bestimmten Grundwasserleitern in Trockenjahren, insbesondere in mehrfacher Folge, Schwierigkeiten bei der Trinkwasserversorgung zu erwarten sind. Die nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen wird daher auch in Zukunft eine wichtige Aufgabe der Wasserwirtschaft sein, zumal in Bayern über 95 % des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen werden.

Gletscher – unsere verlorenen Wasserspender

Die Temperaturzunahme war in der Vergangenheit in den Alpen überdurchschnittlich hoch. Dies führte zu einem Anstieg der Frostgrenze um rund 250 Meter mit gravierenden Auswirkungen auf die Gletscher. In den letzten 150 Jahren haben sie etwa 50 % ihrer Fläche verloren. Zwischen 1970 und 2000 beschleunigte sich die Abschmelzrate sogar um das Dreifache gegenüber dem Zeitraum von 1850 bis 1970. Vergleiche des heutigen Schneeferner-Gletschers auf dem Zugspitzplatt mit historischen Aufnahmen zeigen dies auch für die Bayerischen Alpen deutlich. Der Schneeferner-Gletscher könnte so in 20 Jahren verschwunden und die Alpen im nächsten Jahrhundert bis auf kleine Restgebiete gletscherfrei sein.

Der Gletscherschwund ist ein sich selbst verstärkender Prozess, denn die Schmelzprozesse haben insbesondere in den vergangenen 25 Jahren alpenweit zu einer starken Reduktion der hellen Firnflächen geführt. Demgegenüber ist der Flächenanteil der → *aperen* und damit wesentlich dunkleren Eisflächen, die mehr Strahlung absorbieren als Schnee und Firn, angestiegen. Zudem fallen sommerliche Niederschläge auch in höheren Lagen zunehmend in Form von Regen und nicht von Schnee. Sommerliche Schneefälle sind jedoch entscheidend, um den Schmelzprozess zu stoppen und die Massenverluste zu begrenzen.

→ Fachinformationen des LfU zum Klimawandel – Wasserhaushalt (15)

Ausgeprägtere Niedrigwasserperioden: Einschränkungen für den Kraftwerksbetrieb und die Binnenschifffahrt?

→ GLOWA Danube (16)



Die Donau im Sommer 2003

Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung noch unsicher

Alpengletscher haben in den letzten 150 Jahren die Hälfte ihrer Fläche eingebüßt.

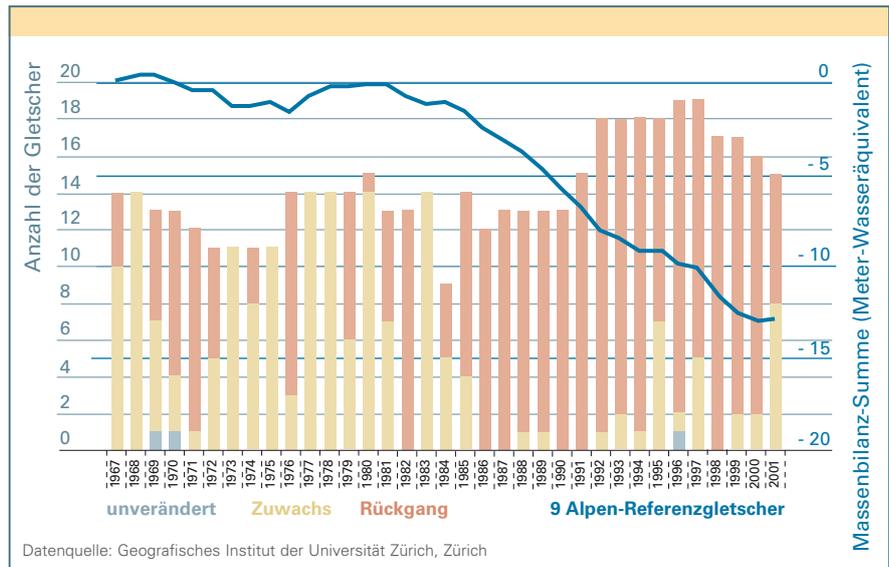


Aperes und damit dunklere Eisflächen nehmen zu – das verstärkt das Abschmelzen der Gletscher



Der Schneeferner-Gletscher an der Zugspitze – Vergleichsansichten des Platt vom Gipfel der Zugspitze

Abb. 13: Jährliche Massenveränderung ausgewählter Alpengletscher zwischen 1967 und 2001



Die Alpengletscher sind wie der Schnee im Wasserkreislauf eine wichtige Speichergröße, die sich regulierend auf den Abfluss aus den Hochgebirgsregionen auswirkt. Gegenwärtig sind in heißen, trockenen Sommern die Abflüsse aus dem Hochgebirge durch das Abschmelzen der Eisreserven noch überdurchschnittlich und verhindern das Trockenfallen der Gebirgsflüsse. Die Alpenländer waren aus diesem Grunde bisher auch in Trockenperioden durch die zusätzliche Wasserspende aus abschmelzendem Schnee und Gletschern begünstigt. Sind diese Eisreserven aufgezehrt, wird die Wasserführung der Gebirgsflüsse wie die anderer Flüsse hauptsächlich vom veränderlichen Niederschlagsangebot abhängen. Ohne „Gletscherpuffer“ wirken sich aber nicht nur Niedrigwasserperioden direkter und deutlicher aus, auch die Hochwasserbildung kann verstärkt sein. Dies gilt insbesondere für die nächsten zwei Jahrzehnte, in denen es noch Gletscher geben wird und in denen sich die Abflüsse aus der sommerlichen Gletscherschmelze und sommerlichen Starkregenereignissen in ungünstiger Weise überlagern können.

Landwirtschaft ist betroffen – stärkere Ernteschwankungen und mehr Krankheiten

Die Landwirtschaft als direkt von Klima und Wetter abhängiger Wirtschaftszweig ist in besonderer Weise von Klimaänderungen betroffen. Schon heute verschlechtert sich in manchen Regionen die lebensnotwendige Wasserversorgung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen und der Krankheits- und Schädlingsdruck steigt. Noch gut in Erinnerung sind den bayerischen Landwirten die Jahre 2003 und 2006. So hatte im Sommer 2006 die anhaltende Hitzeperiode, gefolgt von ungewöhnlich niederschlagsreichen Phasen zur Ernte, die Ackererträge stark vermindert und zusätzlich Qualitätsverluste verursacht. Ähnliche Situationen gab es zwar schon immer, allerdings muss in Zukunft vermehrt mit solchen Wetterextremen gerechnet werden. Das jährliche klimabedingte Schadenspotenzial für die bayerische Landwirtschaft wird auf bis zu 850 Millionen Euro geschätzt.

Je nach Fruchtart sind die Folgen des veränderten Klimas voraussichtlich unterschiedlich. Bei Raps und Getreide, und hier insbesondere bei den Sommerformen, werden durch die vermehrte Sommertrockenheit die stärksten Ertrags- einbußen prognostiziert, weil das Getreide aufgrund der früheren Fruchtreife insbesondere auf wasserarmen Standorten die verlängerte Vegetationsperiode nicht nutzen kann. Der Maisanbau könnte durch die wärmeren Verhältnisse

Mit Verlust der Gletscher nehmen Abflussextrême von Gebirgsflüssen zu.

Landwirtschaft ist stark von Wetter- und Klimabedingungen abhängig.

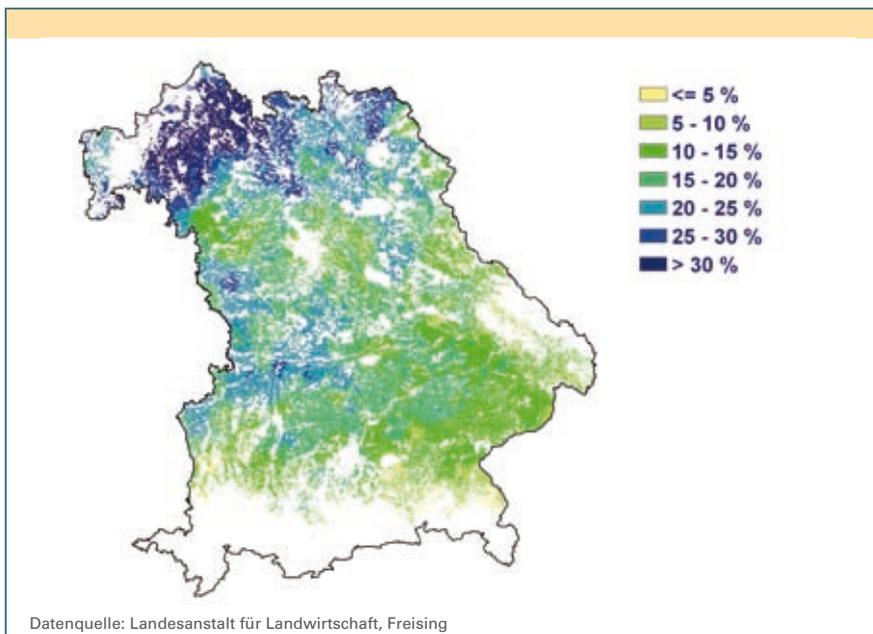
→ Klimaveränderung und Landwirtschaft – Bestandsaufnahme und Handlungsstrategien für Bayern (17)

Ertragsprognosen sind durch komplexe Wechselwirkungen von Klimafaktoren und veränderten Kohlendioxid-Gehalten schwierig.

gewinnen. Die potenziell für Maispflanzen geeignete Fläche wird sich möglicherweise in Gebieten mit ausreichender Wasserverfügbarkeit ausdehnen. Grünland ist, auch wegen seiner Zusammensetzung aus vielen verschiedenen Arten, von der Klimaänderung weniger betroffen. In Südbayern werden auch künftig die für eine erfolgreiche Grünlandwirtschaft notwendigen Niederschläge fallen. In den ohnehin ertragsschwächeren Lagen Nordbayerns können allerdings bei abnehmender Wasserversorgung die Erträge auf Grünland zurück gehen.

Generell nimmt die Ertragssicherheit bei einer Häufung von Trockenschäden, Stürmen, Starkniederschlägen und Hagel ab. Durch den Klimawandel sind stärkere Ernteschwankungen mit größeren Unterschieden innerhalb der Anbauregionen zu erwarten.

Der Bodenabtrag durch Wassererosion auf bayerischen Ackerflächen wird den Projektionen zufolge bis 2050 im Durchschnitt um 16 % zunehmen, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Dies liegt im Wesentlichen an einer Verschiebung des Vegetationsverlaufs der Kulturpflanzen (einschließlich veränderter Saat- und Erntetermine, anderer Zeiten für die Bodenbearbeitung usw.) und häufiger auftretenden Starkniederschlagsereignissen. Allerdings sind die Risiken innerhalb Bayerns sehr unterschiedlich verteilt.



Ertragssicherheit wird abnehmen.

Erosionsrisiko steigt.

Abb. 14: Voraussichtliche prozentuale Zunahme des Bodenabtrags durch die Klimaänderung bis 2050 gegenüber 2000 (ECHAM4, B2, ENKE)

Ertragshöhe und -sicherheit sind in erheblichem Maße von Schädlingsbefall und Pflanzenkrankheiten abhängig. Mildere Winter begünstigen bereits heute Pflanzenkrankheiten wie Gelbrost, Zwergrost oder die → *Rhizomania*. Demgegenüber werden Krankheiten abnehmen, die auf Niederschläge und längere feuchte Phasen angewiesen sind. Hierzu gehören zahlreiche Pilzkrankheiten wie die Blattdürre beim Weizen oder die Kraut- und Knollenfäule bei der Kartoffel. Witterungsbedingt wird gleichzeitig die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten schwieriger und unsicherer.

Wärmeliebende Schädlinge wie z. B. Blattläuse nehmen ebenso zu wie insektenübertragene Viruskrankheiten bei Getreide und Kartoffeln. Die heute bereits erkennbare Ausbreitung des Maiszünslers sowie das vermehrte Auftreten des Kartoffelkäfers und Feldmaikäfers lassen sich auf die wärmeren Verhältnisse zurückführen. Vermutlich muss die bayerische Landwirtschaft künftig auch mit neuen, bisher nicht aufgetretenen Pflanzenschädlingen rechnen.



Verändertes Schädlings- und Krankheitsspektrum bei Kulturpflanzen

Beeinträchtigungen bei der Tierproduktion sind zu erwarten: verminderte Milchleistung und zunehmende Schädigung durch Parasiten und Krankheitserreger.

Bei den Unkräutern ist eine Verschiebung des Artenspektrums hin zu den schwer zu bekämpfenden Wurzelunkräutern wie Ampfer und Ackerdistel offensichtlich, da diese mit ihren unterirdischen Speicher- und Überdauerungsorganen bei längeren Trockenperioden im Frühjahr und Sommer Konkurrenzvorteile haben. Auch wärmeliebende Arten wie Gänsefuß und Melde breiten sich aus.

Nicht nur die Pflanzenproduktion, auch die Tierproduktion wird von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein. Mit zunehmender Hitze kann die Milchleistung von Nutztieren sinken und auf die Landwirte kommen erhöhte Aufwendungen für die Kühlung geschlossener Stallsysteme zu (z. B. in der Schweinemast und der Geflügelhaltung). Eine Zunahme der von Insekten übertragenen Krankheitserreger ist heute schon erkennbar. Für Parasiten wie Dasselfliegen, Leberegel sowie Magen-Darm- und Lungenwürmer werden sich die Lebensbedingungen verbessern. Ebenso werden die von Insekten übertragenen Krankheitserreger in zunehmendem Maße die Tierproduktion beeinträchtigen. Ein Beispiel ist die Blauzungenkrankheit bei Schafen, Ziegen und Rindern, die von Mücken übertragen wird. Die Viruskrankheit kommt ursprünglich aus Afrika und wurde 2007 erstmalig bei Rindern in Unterfranken bestätigt.

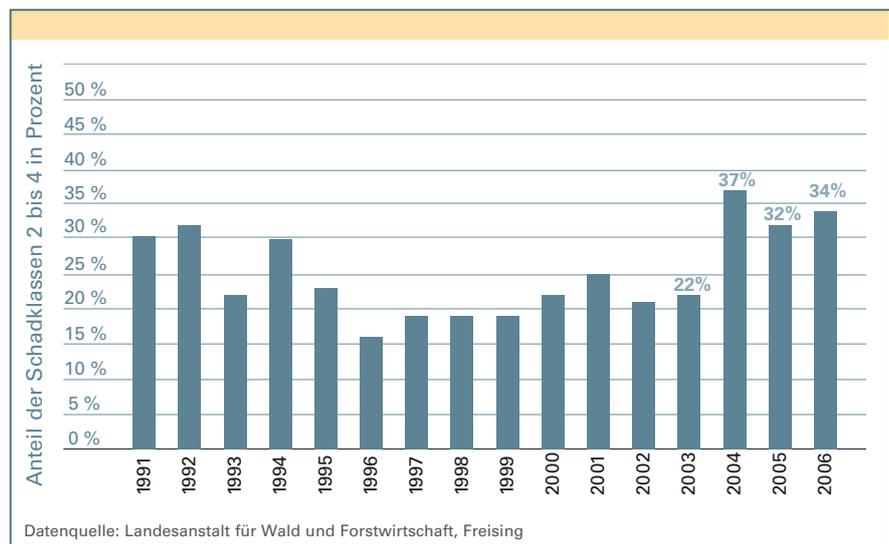
Klimawandel – zusätzlicher Stress für den Wald

→ Waldzustandsbericht (18)

Auch Wälder werden den Klimawandel deutlich zu spüren bekommen. Einen ersten Vorgeschmack der kommenden Ereignisse brachten der „Jahrhundertssommer“ 2003, der zu einer deutlichen Verschlechterung des Waldzustands geführt hat, und die Massenvermehrung des Borkenkäfers im Jahr 2006, die den bayerischen Wäldern in vielen Bereichen schwer zu schaffen machte. In Mittelfranken entstanden allein im Jahr 2006 rund 5.600 Hektar Kahlflecken durch Trockenheit, Borkenkäfer und Windwurf.

„Jahrhundertssommer“ 2003 führte zu deutlicher und nachhaltiger Verschlechterung des Waldzustands in Bayern.

Abb. 15: Waldzustand – Entwicklung des Kronenzustands der Waldbäume in Bayern seit 1991

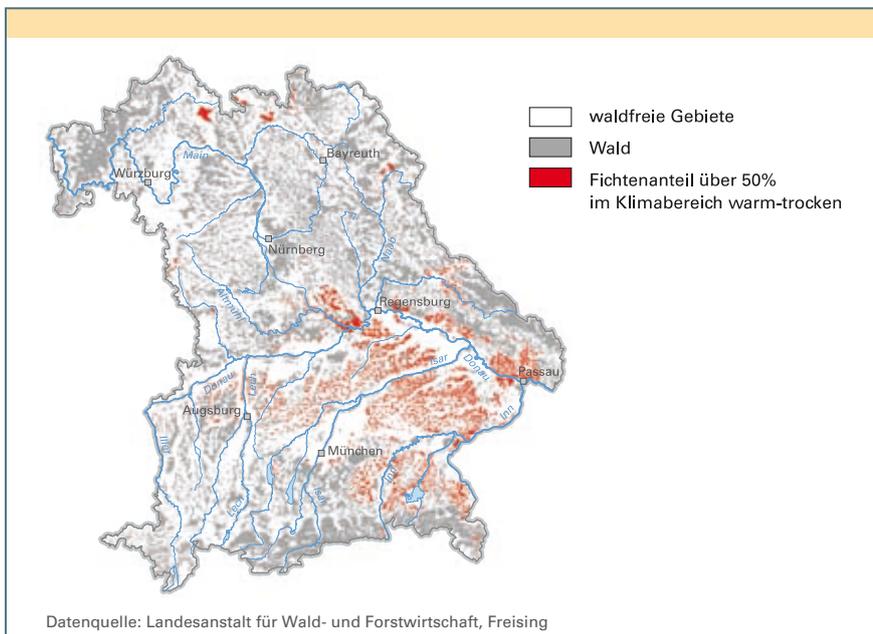


Natürliche Waldgesellschaften und Mischwälder sind gegenüber klimatischen Veränderungen relativ stabil.

Für die Forstwirtschaft ist es schwierig, bereits heute die genauen Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder abzuschätzen. Dennoch kann man sagen, dass naturnahe Wälder mit einer natürlichen gebietsheimischen Baumartenzusammensetzung und Mischwälder stabiler gegenüber klimatischen Veränderungen sind als Wälder mit gesellschafts- und standortfremden Arten.

Bäume haben eine lange Lebensdauer und müssen daher sowohl mit den heutigen als auch mit den künftigen Klimabedingungen zurecht kommen. Als besonders empfindlich angesichts der prognostizierten Klimaveränderungen gilt

die Fichte. Sie bevorzugt frische, kühle Standorte und ist daher wenig trockenheits- und hitzetolerant. Da die Fichte aufgrund ihrer guten Wuchsleistung vielerorts aber auch außerhalb ihrer natürlichen Standorte angebaut wurde und wird, ist sie oft schon heute an der Grenze ihres Toleranzbereichs angelangt. Zusätzlich ist die Fichte besonders anfällig gegenüber den indirekten Auswirkungen des Klimawandels, beispielsweise Borkenkäfer-Kalamitäten und Schäden durch Extremereignisse wie Windwurf. Insbesondere in Gebieten, in denen die Fichte außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets vorkommt, wird es in Folge der klimatischen Veränderungen zu umfangreicheren Ausfällen in der Forstwirtschaft kommen. Aktuelle Abschätzungen zufolge müssen in den nächsten 30 Jahren mindestens 260.000 Hektar Fichtenflächen in den warm-trockenen Regionen Bayerns vorbeugend mit klimatoleranten Baumarten in naturnähere Bestände umgebaut werden. In diesen Klimabereichen werden künftig die größten Veränderungen im Waldbild erwartet.



Vom Brotbaum zum Notbaum – das Anbaurisiko für die Fichte steigt weiter.

Klimawandel ist eine Chance für den Waldumbau.

☐ → Klimawandel: Was geschieht mit Buche und Fichte? (19)

Abb. 16: Regionen in Bayern mit einem Fichtenanteil über 50 % im warm-trockenen Klimabereich

Die Buche ist demgegenüber weniger von den Veränderungen betroffen. Sie wird in der Regel standortgerecht angebaut und kann unter den veränderten Bedingungen insbesondere in der montanen und hochmontanen Stufe noch mehr an Wuchs- und Konkurrenzkraft gegenüber anderen Baumarten wie der Fichte gewinnen. Unter den derzeitigen Klimabedingungen würde die Buche auf über 80 % der Waldfläche das Erscheinungsbild der Wälder bestimmen. Ausnahmen sind die höchsten Lagen der Gebirge, in denen die Kürze der Vegetationszeit das Vorkommen des Laubbaums begrenzt. Ähnlich wird die Situation im Grundsatz für Eiche, Tanne und die Edellaubbaumarten eingeschätzt, auch wenn diese ein deutlich kleineres Verbreitungsgebiet haben.

Bewahrheitet sich die prognostizierte Klimaerwärmung, dann kann die Buche ihr Areal auch in den Gebirgsraum hinein weiter ausdehnen. Lediglich in den zukünftig wärmsten und trockensten Gebieten Bayerns wie beispielsweise in Unterfranken kommt es möglicherweise zu Arealverlusten für die Buche. Für die bayerische Forstwirtschaft bedeutet dies, dass dem Buchenbau auch unter den angenommenen Klimaszenarien keine klimatischen Hindernisse entgegen stehen.

Zusätzlich zu den direkten Wirkungen in Form von Veränderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse gibt es auch zahlreiche indirekte



Bayern ist Buchenland und wird es auch in Zukunft bleiben.



Belastungsfaktoren für den Wald. Möglicherweise häufiger auftretende Stürme können die Ertragsfähigkeit der Wälder mindern. Von den veränderten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen werden zahlreiche Schädlinge wie der Borkenkäfer oder der wärmeliebende Eichenprozessionsspinner profitieren. Der letztgenannte breitet sich mittlerweile auch weiter in das südliche Bayern aus, wo er bisher nicht vorkam. Darüber hinaus ist es möglich, dass begünstigt durch den Klimawandel auch bisher nicht gekannte Schadorganismen aus wärmeren Gebieten nach Bayern einwandern.

Der Klimawandel lässt auch die Tier- und Pflanzenwelt nicht kalt

Verfrühung des Frühlings – die phänologischen Phasen verschieben sich.

Blüte, Fruchtreife und Blattverfärbung setzen früher ein.



Der Klimawandel lässt sich nicht nur mit physikalischen Messungen nachweisen, sondern ist auch in der belebten Natur ablesbar. Insbesondere mit den milderen Wintern verändert sich die Vegetationsperiode. Sie setzt im Jahresverlauf früher ein und endet später im Herbst. Die → *Phänologie* – die Beobachtung von im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen und Tieren – liefert wichtige Indizien für die Klimaveränderungen in Bayern. Bei den Pflanzen werden die Eintrittszeiten charakteristischer Vegetationsstadien, der so genannten phänologischen Phasen, beobachtet und festgehalten. Hierzu gehören z. B. die Blüte der Haselnuss im Vorfrühling, die Apfelblüte im Vollfrühling, die Blüte der Sommerlinde im Hochsommer, die Pflückreife von Frühäpfeln im Spätsommer oder die Blattverfärbung der Stieleiche im Spätherbst.

Für die Klimaperiode 1961 bis 1990 konnte in Bayern und den meisten Bundesländern bereits eine leicht verfrühte Apfelblüte festgestellt werden. Im Zeitraum 1971 bis 2000 verstärkte sich dieser Trend deutlich. Für Bayern bedeutet dies, dass die Apfelbäume inzwischen über drei Tage früher blühen.

→ Verschiebung des Frühlingsbeginns (20)

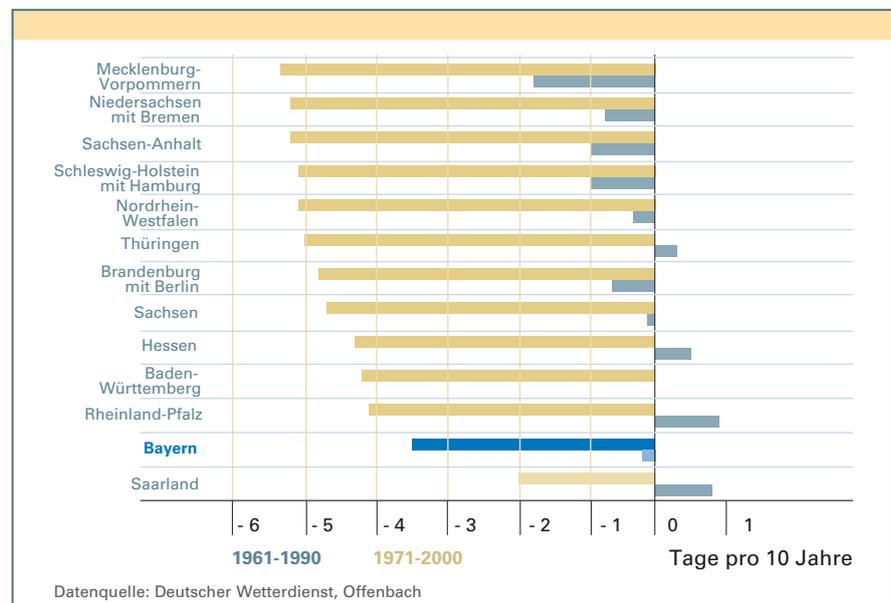


Abb. 17: Verschiebung der Apfelblüte in zwei Klimaperioden im Vergleich der Bundesländer

Die Anpassungsfähigkeiten von Tieren und Pflanzen sind begrenzt.

Der Klimawandel bringt ein großes Spektrum an Veränderungen mit sich, die das Vorkommen und die Verbreitung von wildlebenden Tier- und Pflanzenarten beeinflussen. Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen sind grundsätzlich in der Lage, auf Veränderungen zu reagieren. Zum einen passen sie als Individuen ihre Areale und ihr Fortpflanzungsverhalten den veränderten Umweltbedingungen an. Die phänologischen Verschiebungen sind hierfür nur eines der zahlreichen

Beispiele. Zum anderen vollziehen sich innerhalb der Population genetische Veränderungen, die Individuen begünstigen, die unter den geänderten Bedingungen am erfolgreichsten sind. Die Anpassungsmöglichkeiten der Arten und Populationen stoßen aber auch an ihre Grenzen. Sie sind vielfach nicht ausreichend, um mit der bislang ungekannten Geschwindigkeit des Klimawandels mitzuhalten.

Die genetischen Veränderungen sind an Generationsfolgen gebunden. Das bedeutet, Arten mit kurzen Generationsfolgen wie einjährige Pflanzen und Insekten können sich sehr viel schneller anpassen als Bäume oder große Säugetiere.

Da die einzelnen Arten und Organismen unterschiedlich auf Veränderungen von Temperatur- und Feuchtebedingungen reagieren, verschieben sich Konkurrenzverhältnisse und ändern sich Räuber-Beute-Beziehungen.

Ein typisches Beispiel für veränderte Konkurrenzsituationen sind die Verschiebungen zwischen → *Standvögeln* bzw. → *Kurzstreckenziehern* und → *Langstreckenziehern*. So nehmen im Bodenseeraum die Bestände der Kurzstreckenzieher und der Standvögel zu, die Bestände der Langstreckenzieher aber ab. Die Gründe hierfür liegen im Vorteil, den Standvögel wie die Blaumeise genießen. Wegen günstigerer Nahrungsversorgung und milden Temperaturen überleben mehr Standvögel den Winter in ihren Brutgebieten. Im Wettbewerb um Brutplätze besetzen sie zusammen mit den Kurzstreckenziehern, die früher aus ihren Winterquartieren zurückkehren, im Frühjahr die besten Reviere noch ehe die Langstreckenzieher eintreffen. Diese Benachteiligung führt zu einer Abnahme der Bestände der Langstreckenzieher wie z. B. dem Trauerschnäpper.

Mit dem Klimawandel verschieben sich die Verbreitungsareale vieler Tier- und Pflanzenarten sowohl nach Norden als auch in den Höhenstufen der Gebirge nach oben. Bei einer Temperaturerhöhung von 1 Grad ist von einer Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 200 bis 300 Kilometer in Richtung der Pole oder um 200 Höhenmeter auszugehen. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass mittelfristig wärmeliebende Arten einwandern und ihre Areale ausdehnen, während feuchtigkeitsliebende und an kühle Standorte angepasste Pflanzen grundsätzlich im Rückzug begriffen sind. Viele dieser Arten sind aufgrund ihrer spezifischen Ausbreitungsmechanismen oder durch Wanderungshindernisse in einer zerschnittenen Landschaft nicht in der Lage, schnell genug mit den von ihnen benötigten klimatischen Bedingungen „mitzuwandern“. Besonders vom Klimawandel betroffen sind in Mittelgebirgslagen Pflanzengesellschaften des feuchten Grünlands und der Wälder, montane Stauden-, Fels- und Steinfluren, Moore sowie alle anderen Feuchtgebiete und Gewässer. Die räumliche Verbreitung dieser Lebensräume grenzt sich immer stärker ein.

Gravierende Änderungen in der Vegetation werden für die Alpen vorhergesagt. Kurz- bis mittelfristig wird es Untersuchungen zufolge bei vielen alpinen Arten vorübergehend zu einem erhöhten Wachstum bzw. einer effizienteren Fortpflanzung kommen. Die bereits vorkommenden Arten werden ihre Areale ausdehnen. Auf lange Sicht kann aber der Platz für die existierenden und an die alpine Kälte angepassten Arten enger werden. Extrem spezialisierte Hochgebirgspflanzen der schnee- und eisreichen Gipfelzonen, wie z. B. der Alpenmannsschild, verlieren möglicherweise ihren Lebensraum. Schrumpfende Lebensräume und die dadurch bedingte Verinselung reduzieren die Möglichkeiten sich genetisch auszutauschen. Dies gefährdet langfristig die Erhaltung dieser Arten. Ihre Verdrängung durch Pflanzen aus tiefer gelegenen Zonen kann dann voranschreiten.

Experten schätzen, dass die Erwärmung des Klimas einen Verlust von 5 bis 30 % aller Tier- und Pflanzenarten in Deutschland verursachen könnte. Für die Gebirgsregionen sind die Prognosen noch pessimistischer. Räumlich grobe Analysen gehen von möglichen Artenverlusten von bis zu 60 % aus.



Verlierer des Klimawandels: der Trauerschnäpper

Veränderte Konkurrenzen und Räuber-Beute-Beziehungen: Es gibt Verlierer und Gewinner.

Zugverhalten von Vogelarten:

Standvögel bleiben ganzjährig im Gebiet. Kurzstreckenzieher überwintern i. d. R. im Mittelmeerraum, während Langstreckenzieher den Winter im Afrika südlich der Sahara verbringen.

☞ Klimawandel und Zugvögel (21)

Vegetationszonen verschieben sich nach Norden und in der Höhe nach oben. Es wird enger für an kühle und kalte Bedingungen angepasste Arten.



Verlierer des Klimawandels: der Alpenmannsschild

☞ Auswirkungen des Klimawandels auf alpine Pflanzengesellschaften im Nationalpark Berchtesgaden (22)

Sterblichkeit kann im Falle extremer Wetterverhältnisse über saisonal übliche Werte hinaus ansteigen.

→ Hitzewelle 2003 (23)



Verlängerte Pollenflugaison



Pollenwolke – ein Alptraum für Allergiker

Verstärkte Infektionsgefahr in Deutschland aufgrund des Klimawandels möglich

Hitze, Pollen und Zecken – bringt der Klimawandel neue Gesundheitsgefahren?

Klimaveränderungen können in sehr vielfältiger Weise auf die menschliche Gesundheit einwirken: Hitzewellen belasten Herz und Kreislauf. Das Risiko von Naturgefahren mit unmittelbarer Gefährdung des menschlichen Lebens kann sich erhöhen und neue Krankheitserreger, die bisher in Bayern nicht präsent waren, können auftreten. Der unmittelbare Zusammenhang von Klimawandel und Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit lässt sich bislang schwer nachweisen. Es gibt noch umfangreiche Forschungslücken. Zu unterscheiden ist außerdem zwischen den Auswirkungen einzelner Wetterereignisse und den Folgeerscheinungen des Klimawandels, denn der Mensch war schon immer den Unbilden des Wetters wie Stürmen, extremen Hitze- oder Kälteperioden oder Überschwemmungen ausgesetzt.

Den Prognosen zufolge werden zukünftig gesundheitsbelastende Hitzewellen wie die im Sommer 2003 häufiger auftreten. Im August 2003 starben in Frankreich und Baden-Württemberg deutlich mehr Menschen. In Frankreich stieg die Sterblichkeitsrate um 60 % auf über 14.000 Tote. In Bayern waren die Auswirkungen 2003 weniger gravierend, da hier extrem hohe Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit nur selten erreicht wurden.

Betroffen sind vor allem ältere und sehr junge Menschen sowie Personen, die an Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen leiden, während gesunde erwachsene Personen über Abwehrmechanismen gegen einen begrenzten Temperaturanstieg verfügen. Zusätzlich belastend wirkt auf alle Bevölkerungsgruppen eine gleichzeitig schlechte Luftqualität. Meist wird der Zeitpunkt des Todes durch Hitze oder Kälte jedoch nur vorweggenommen, und die Sterblichkeit liegt in den Folgemonaten wieder niedriger. Außerdem kann davon ausgegangen werden, dass sich der menschliche Organismus allmählich auch an die veränderten Klimaverhältnisse anpassen kann und bei ähnlich extremen Ereignissen in der Zukunft weniger Opfer zu beklagen sind.

Von größerer Bedeutung als die direkten werden wahrscheinlich die indirekten Folgen des Klimawandels für die menschliche Gesundheit sein.

Höhere Temperaturen stimulieren das Pflanzenwachstum und die Pollenproduktion, weshalb die Pollenbelastung der Bevölkerung in den wärmeren Städten häufig größer ist als auf dem Land. Schon heute verursachen Pollen bei vielen Menschen allergische oder asthmatische Erkrankungen. Der Klimawandel kann die Produktion von Pollen überall verstärken. Mit der Vegetationsperiode wird auch die Pollenflugaison früher im Jahr einsetzen und möglicherweise gerade bei den frühblühenden Arten intensiver ausfallen. Ebenso wird es zu einer Verlängerung des Pollenflugs mancher sommer- und spät blühender Arten kommen. Klimabedingte Artenverschiebungen können Pflanzen mit neuem allergischem Potenzial fördern. Auch dies muss weiter erforscht werden. Ständig aktualisierte Pollenflugkalender helfen den Betroffenen, geeignete präventive Maßnahmen zu treffen.

Zunehmend diskutiert werden außerdem die möglichen Auswirkungen wärmerer Klimaverhältnisse auf die Verbreitung von Krankheitserregern und Krankheitsüberträgern, so genannten „Vektoren“ wie z. B. Stechmücken und Ratten. Allerdings sind die Zusammenhänge komplex.

Viele Vektor-Organismen regulieren ihre Körpertemperatur nicht selbst und sind deshalb in ihrer Verbreitung und Reproduktion stark von der Temperatur, aber auch anderen klimabedingten Umweltfaktoren wie der Luft- und Bodenfeuchte abhängig. Insekten benötigen beispielsweise Wasser zur Eiablage; viele von ihnen werden durch Luftbewegungen weit verbreitet. Durch hohe Vermehrungsraten können sie sich schnell veränderten Umweltbedingungen anpassen.

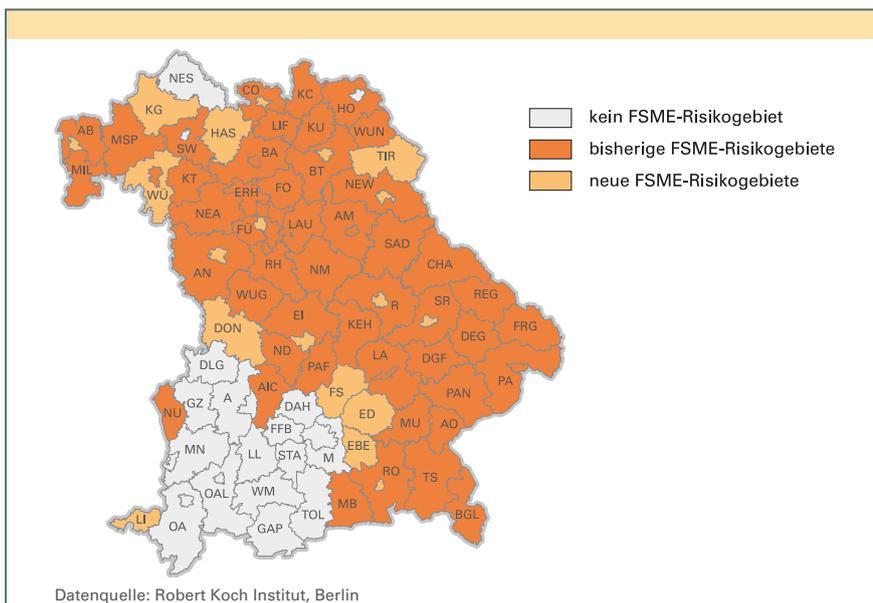
Auch Nagetiere vermehren sich schnell; sie sind zudem recht lernfähig und können erworbene Fähigkeiten an andere Populationsmitglieder weitergeben. Steigende Temperatur und Feuchtigkeit werden die Lebensbedingungen der meisten Krankheitsüberträger grundsätzlich verbessern und damit die regionale Verbreitung und das saisonale Vorkommen vieler vektorbedingter Krankheiten begünstigen.

Die Larven vieler Mosquito-Arten wie beispielsweise der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*), die für die Übertragung unter anderem von Malaria, Dengue- oder Chikungunya-Fieber verantwortlich sind, reifen in Gewässern mit höheren Temperaturen schneller heran, wodurch die Reproduktionsraten steigen. Ob sich gleichzeitig zur Ausbreitung der Vektororganismen auch die Bedingungen für die von ihnen übertragenen Krankheitserreger verbessern, muss als Möglichkeit in Betracht gezogen werden. Bisher fehlt es jedoch an konkreten Daten, wie sich Klimaveränderungen auf die Verbreitung solcher Infektionskrankheiten auswirken.

Auch heimische Krankheitserreger profitieren bereits heute von günstigeren Klimabedingungen. Die Zecke weitet seit einigen Jahren ihren Lebensraum in Bayern aus und ist länger im Jahr aktiv als früher. Sie profitiert von den milden Wintern, in denen sie ihre Energiereserven schonen kann. Zecken übertragen sowohl → *FSME* als auch → *Borreliose*. Im außergewöhnlich milden Winter 2006/07 wurde bereits in der 3. Januarwoche ein Fall von FSME im Landkreis Roth (Mittelfranken) gemeldet. Europaweit ist die Zahl der FSME-Neuerkrankungen seit 1974 um das 3- bis 4-fache gestiegen.

Etwa zwei Drittel Bayerns sind mittlerweile als FSME-Risikogebiete ausgewiesen: fast ganz Franken, die Oberpfalz, Niederbayern sowie das nördliche und östliche Oberbayern. Im Jahr 2006 erkrankten in Bayern 188 Personen an FSME und schätzungsweise bis zu 10.000 an Borreliose.

Seit 2007 werden neue Kriterien bei der Einstufung der Risikogebiete angewendet, die das Infektionsrisiko im jeweiligen Landkreis oder der kreisfreien Stadt besser als bisher abbilden. Die Einstufung orientiert sich nicht mehr nur an den dort aufgetretenen FSME-Fallzahlen, sondern unter anderem auch an der Viruslast der Zecken, der Durchimpfungsrate der Bevölkerung und dem Infektionsrisiko in angrenzenden Kreisen. Es ist zu erwarten, dass sich die Zahl der bayerischen Risikogebiete dadurch weiter erhöht.



Die eigentlich aus den Tropen stammende Asiatische Tigermücke, die gefährliche Krankheiten übertragen kann, hat es inzwischen über die Alpen nach Deutschland geschafft.

Infektionsgefahr durch Zecken:

FSME: Die Frühsommer-Meningoenzephalitis ist eine Virus-Infektion. Sie führt zu grippeähnlichen Symptomen (Fieber, Kopfschmerzen, Erbrechen, Schwindelgefühl), später zu Hirnhaut- oder Gehirnentzündung.

Borreliose: Lyme-Borreliose ist eine bakterielle Infektion. Die Symptome und deren Schweregrad reichen von Hautrötungen (so genannter Wanderröte), Kopfschmerzen und Fieber über Lähmungserscheinungen und neurologische Ausfälle bis hin zur Lyme-Arthritis.



☞ FSME-Risikogebiete (24)

Abb. 18: Risikogebiete für zeckenübertragene Hirnhautentzündung (FSME) in Bayern im Jahr 2007

Sinkende Attraktivität für den Wintertourismus, aber möglicherweise bessere Bedingungen für die Sommergäste

Hohe Kosten für Anpassungen in der Tourismusbranche

→ OECD-Untersuchung zum Klimawandel in den europäischen Alpen (25)



Erhebliche Einschränkungen für die Ausübung des Wintersports zu erwarten



Abschied von den Wintergästen?

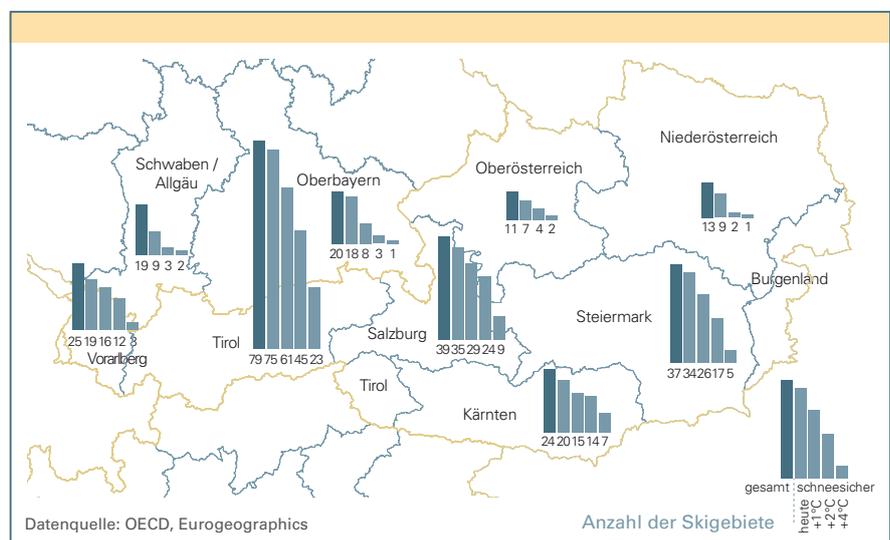
Der Tourismus gehört in Bayern zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen. Das bayerische Gastgewerbe erzielte nach der Umsatzsteuerstatistik 2005 einen Bruttoumsatz von 11,2 Milliarden Euro, ohne die mittelbaren Effekte für Handel, Freizeitindustrie und andere Dienstleistungsbereiche zu berücksichtigen. Der Tourismus sichert mehr als 560.000 Einwohnern ein durchschnittliches Einkommen. Zum stetig härter werdenden Wettbewerbsumfeld kommt für den bayerischen Tourismus in den kommenden Jahren nun noch die notwendige Anpassung an die Folgen des Klimawandels hinzu. Für ganz Deutschland werden die Kosten dieser Anpassung in der Branche in den nächsten 50 Jahren auf bis zu elf Milliarden Euro geschätzt.

Für die Alpen prognostiziert eine OECD-Studie einen signifikanten Rückgang der Anzahl schneesicherer Gebiete. Unter den derzeitigen Klimabedingungen gelten alpenweit immerhin 91 % der Skigebiete als schneesicher, d. h. dort liegen an mindestens 100 Tagen pro Jahr mindestens 30 cm Schnee. Bei einer Erwärmung um 1 Grad werden es nur noch 75 %, bei einer Erwärmung um 2 Grad nur noch 60 % und bei 4 Grad nur noch 30 % sein. Der deutsche Alpenraum gilt als die am stärksten betroffene Region. Hier führt schon eine Erwärmung um 1 Grad gegenüber den heutigen Verhältnissen dazu, dass die Anzahl der schneesicheren Skigebiete um 60 % zurückgehen wird. Bei einer Erwärmung um 4 Grad bleibt nur noch die Zugspitze als natürlicherweise schneesicheres Gebiet.

Vor allem in den Mittelgebirgen wird die zurückgehende Schneesicherheit nachteilige Auswirkungen auf den Wintertourismus haben. So hat beispielsweise in den Hochlagen der Bayerischen Rhön die Schneedeckendauer von 1950/51 bis 1995/96 bereits um 10 bis 20 % abgenommen, das bedeutet eine Minderung der → Winterdecke von bis zu 30 Tagen. Dabei ist zu bedenken, dass keineswegs alle Tage mit vermeintlich ausreichender Schneedecke für die Ausübung des Wintersports auch wirklich geeignet sind. Durch die Zunahme der winterlichen Regenfälle werden sich die Tage häufen, an denen Regen auf die Schneedecke fällt und damit die Ausübung des Wintersports unattraktiv wird.

Für den Sommertourismus kann dagegen eher von einer positiven Entwicklung in Bayern ausgegangen werden. Höhere Temperaturen und geringere Niederschläge im Sommer erhöhen die Attraktivität für die Urlauber und Tagesausflügler. Insbesondere wenn die klassischen Urlaubsregionen im Mittelmeerraum aufgrund von Sommertemperaturen von teilweise über 40 Grad an Anziehungskraft verlieren, stärkt diese Entwicklung die süddeutschen Tourismusregionen.

Abb. 19: Schneesicherheit der Skigebiete im bayerischen und österreichischen Alpenraum unter verschiedenen Erwärmungsszenarien (Temperaturerhöhung von 1 bis 4 Grad)



Georisiken – Berge geraten in Bewegung

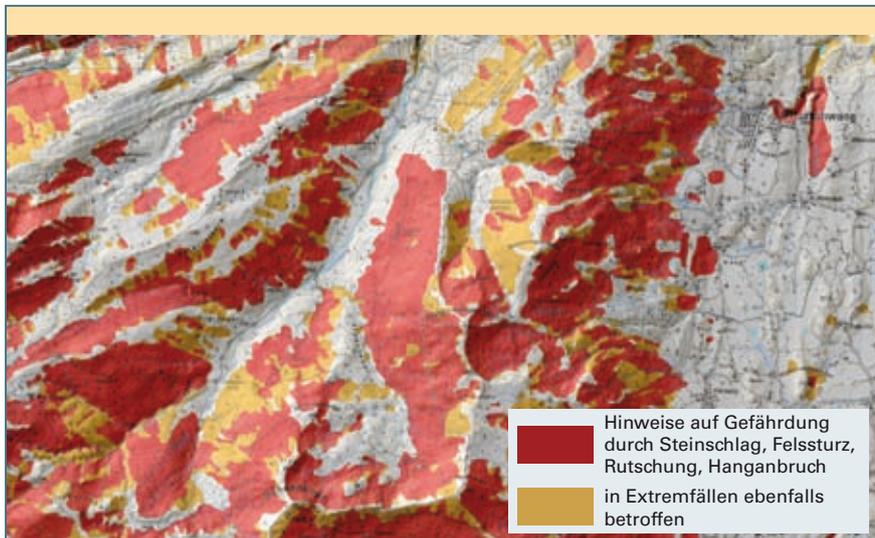
Die Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und einem häufigeren Auftreten von Georisiken, wie z. B. Murgängen, Hangrutschungen und Steinschlag, zeigen sich innerhalb Bayerns besonders deutlich in den Alpen. Für die Zunahme von Georisiken werden insbesondere die Veränderungen des Niederschlagsverhaltens verantwortlich gemacht. Örtlich spielt auch die überdurchschnittlich starke Erwärmung in den Alpen und der damit verbundene Anstieg der Frostgrenze eine Rolle.

Im „Jahrhundertsommer“ 2003 kam es alpenweit zu vermehrten Steinschlagereignissen und Felsstürzen. Bei Garmisch ereignete sich ein großer Felssturz an der Dreitorspitze, bei dem über 10.000 Kubikmeter Gesteinsmassen mobilisiert wurden. Heftiger Regen, der auch zu Hochwasser in der Region geführt hatte, löste im August 2005 zahlreiche Rutschungen im Allgäu aus. An der Bacher Alpe bei Einödsbach setzten sich rund 10.000 Kubikmeter aus einem Schuttkegel in Bewegung und zerstörten das Gebäude der Bacher Alpe.

Der schnellere Wechsel von Tauen und Gefrieren führt bevorzugt in klüftigen Gesteinen zu Lockerungen, die Felsstürze auslösen können. Felsstürze und Muren sind im Gebirge zwar schon immer natürliche Prozesse gewesen. Je nach Art der Hangbewegung können Materialermüdung, Spannungen innerhalb der Gesteinsmasse oder auch Verwitterungsprozesse von Bedeutung sein. Dennoch hat sich in den letzten Jahren die Häufigkeit insbesondere größerer Felsstürze und Muren erhöht. Die unmittelbaren Zusammenhänge von Klimawandel und einzelnen Hangbewegungsereignissen lassen sich aber nicht immer zweifelsfrei nachweisen.

Im deutschen Alpenraum, der seit Jahren einen kontinuierlichen Zuwachs an Bevölkerung erfährt und wo Flächen für Wohnen und Gewerbe zunehmend knapp werden, kann die Zunahme von Georisiken die Entwicklungsmöglichkeiten der Gemeinden erheblich einschränken. Zusätzlich kommen zum Teil hohe Kosten für die Beseitigung von Schäden und für Maßnahmen zum Schutz von Siedlungen, Gewerbegebieten und Infrastruktur auf die Kommunen zu.

Im Gegensatz zu Hochwasser und Lawinen können sich bei Hangbewegungen die Gefahren über längere Zeiträume aufbauen, ohne dass Veränderungen mit bloßem Auge erkennbar sind. Geotechnische Spezialmessgeräte im Gelände können Bewegungen im Millimeterbereich erfassen und frühzeitig Risiken deutlich machen. Das Bayerische Landesamt für Umwelt überwacht derzeit 25 gefährdete Hänge in den Bayerischen Alpen und berät Gemeinden, die eigene Frühwarnsysteme einrichten.



Steigendes Risiko von Murgängen, Hangrutschungen, Steinschlag und Felsstürzen bedroht Siedlungen, Gewerbe und Infrastruktur.

Zusammenhänge mit dem Klimawandel lassen sich nicht immer zweifelsfrei herstellen.

Schadensbeseitigung und Schutzmaßnahmen werden zur finanziellen Belastung für die Gemeinden in den Alpen und am Alpenrand.



„Der Berggrutsch am Immenstädter Horn 2006 ist zu einer deutlichen Belastung für unseren gemeindlichen Haushalt geworden. Wir müssen als Gemeinde für mehr als ein Drittel der Gesamtkosten von 2,15 Millionen aufkommen.“
Siegfried Zengerle, Stadtkämmerer von Immenstadt i. Allgäu

Abb. 20: Abtragsbereitschaft und Anbruchbereiche – Auszug aus dem Informationsdienst Alpine Naturgefahren (IAN)

Ursachen und Verursacher

Wir sitzen im Treibhaus: Klimagase halten die von der Erdoberfläche abgestrahlte Wärme zurück.



Tab. 1: Kyoto-Gase: Spezifisches Treibhauspotenzial und wichtige Quellen

Kyoto-Gase:

Treibhausgase, deren Emission im Wesentlichen anthropogen bedingt ist und die deshalb im zentralen Blickpunkt der Bemühungen um eine Minderung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen stehen.

Treibhausgase heizen die Erdatmosphäre auf

Die Erdatmosphäre besteht nahezu vollständig aus Stickstoff (78 %) und Sauerstoff (21 %). Entscheidend für unser Klima sind jedoch die in nur geringen Konzentrationen vorhandenen natürlichen Spurengase, wie vor allem Wasserdampf, Ozon (O₃), Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Sie sind mit weniger als 1 % in der Lufthülle enthalten. Diese Gase lassen das kurzwellige Sonnenlicht fast ungehindert passieren, halten aber die von der Erdoberfläche ausgehende langwellige Wärmestrahlung zurück und sorgen mit diesem natürlichen Treibhauseffekt dafür, dass unser Planet keine lebensfeindliche Eiswüste ist. Steigt die Menge dieser Treibhausgase an, so erwärmt sich jedoch die Erdatmosphäre weiter.

Seit Beginn des Industriezeitalters wurde zum einen die Konzentration der natürlichen Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Lachgas durch den Menschen deutlich erhöht. Zum anderen sind neue klimawirksame Stoffe in die Atmosphäre eingebracht worden. Hierzu gehören unter anderem die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), die perfluorierten Fluorkohlenwasserstoffe sowie die teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffe und das Schwefelhexafluorid.

Mit dem → *Kyoto-Protokoll* sind für die so genannten „Kyoto-Gase“ Emissionsminderungsverpflichtungen erklärt worden.

Kyoto-Gase	Spezifisches Treibhauspotenzial (in → CO ₂ -Äquivalenten)	Wichtige Quellen
Kohlendioxid (CO ₂)	1	Fossile Energieträger
Methan (CH ₄)	25	Reisanbau, Rinderhaltung, Biomassennutzung
Lachgas (N ₂ O)	298	Dünger, fossile Energieträger
perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFCs und FKWs)	7.500 – 12.200	Aluminiumherstellung, Halbleiterproduktion, Feuersicherung, Lösemittel
Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC)	124 – 14.800	Kühlmittel
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	22.800	Elektroindustrie, Isolationsgas, z. B. für Schallschutzfenster

Quelle: nach IPCC 2007

Der vom Menschen verursachte Treibhauseffekt wird vor allem vom Kohlendioxid verursacht.

→ Daten der Statistischen Ämter der Länder zu Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen (26)

Kohlendioxid stammt überwiegend aus stationären und mobilen Verbrennungsprozessen. Es hatte 2005 mit 87,1 % in Deutschland und etwa 60 % weltweit den höchsten Anteil an den Gesamtemissionen von Treibhausgasen. Die Methan-Emissionen trugen im gleichen Jahr hierzulande mit 4,8 %, die Lachgas-Emissionen mit 6,6 % zu den Gesamtemissionen bei. Weltweit liegt der Anteil von Methan und Lachgas bei etwa 26 %. Der Anteil der anderen drei Kyoto-Gase lag mit 1,5 % in Deutschland deutlich niedriger als weltweit mit 14 %.

Aufgrund seines hohen Anteils an den Gesamtemissionen steht das Kohlendioxid im besonderen Interesse der Emissionsbetrachtungen und Klimaverhandlungen. Mit dem rapide zunehmenden Verbrauch von Kohle, Erdöl und

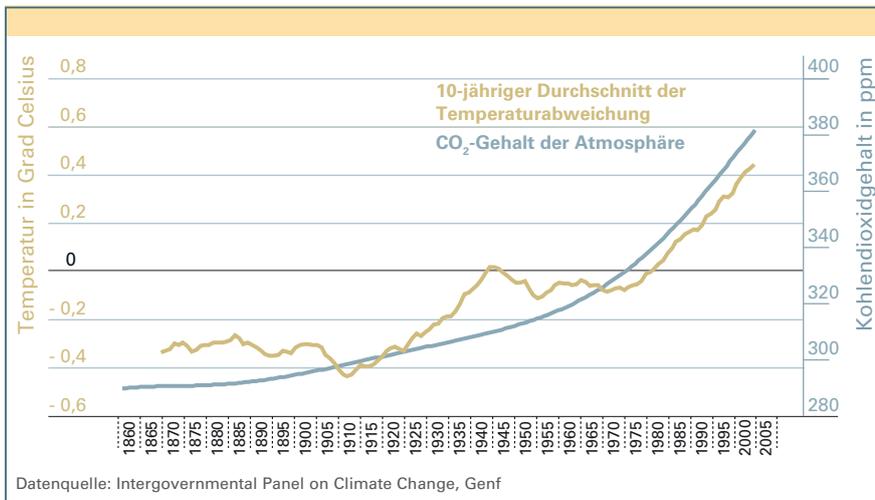


Abb. 21: Entwicklung des Kohlendioxid-Gehalts der Atmosphäre und der Globaltemperatur seit 1860

Erdgas stieg der CO₂-Gehalt seit 1860 von einem vorindustriellen Wert von etwa 280 → ppm auf heute über 380 ppm an. Dramatisch ist hierbei die Steigerungsrate: Für die ersten 50 ppm Erhöhung bis 1970 vergingen etwa 200 Jahre, für die zweiten 50 ppm nur etwa 30 Jahre. Nahezu parallel zu diesem Anstieg verlief die Entwicklung der Globaltemperatur.

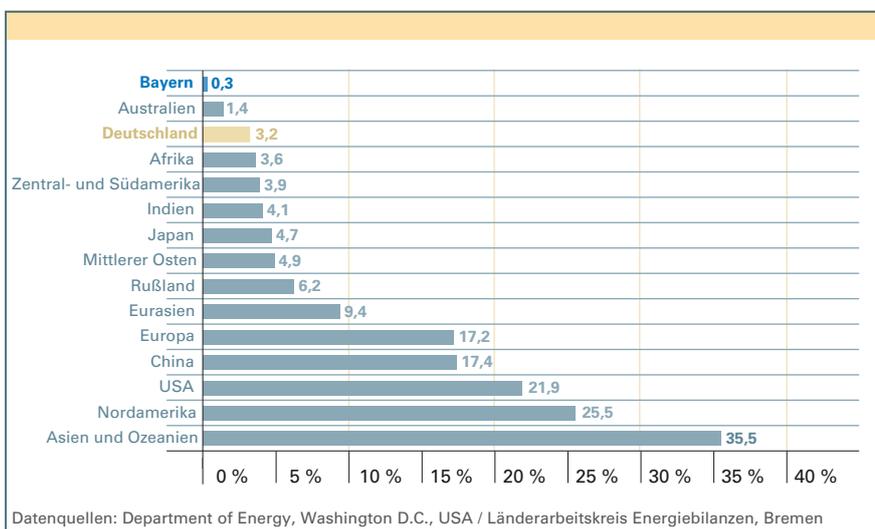
Starker globaler Kohlendioxid-Anstieg seit 1970

Wie außergewöhnlich der heutige Wert ist, verdeutlichen auch Untersuchungen an 3 km tiefen Eiskernbohrungen aus der Antarktis: in den vergangenen 750.000 Jahren variierte der CO₂-Gehalt demnach zwischen 180 und 300 ppm, war aber niemals annähernd so hoch, wie in den letzten 30 Jahren. Auch Lachgas und Methan zeigen einen vergleichbaren anthropogen bedingten Anstieg in den vergangenen 150 Jahren.

Heutiger Kohlendioxid-Gehalt so hoch wie in den letzten 750.000 Jahren nicht mehr

Um nicht mehr beherrschbare Folgen des Klimawandels zu vermeiden, muss die CO₂-Konzentration der Atmosphäre nach Auffassung des → IPCC auf maximal 450 ppm begrenzt werden. Ohne Gegenmaßnahmen wird diese Grenze bei der aktuellen jährlichen Zunahme von rund 2 ppm in etwa 40 Jahren erreicht sein. Aber auch bei drastischen Emissionsminderungsmaßnahmen wird die CO₂-Konzentration aufgrund der langen Lebensdauer des Kohlendioxid in der Atmosphäre noch weiter ansteigen.

Bayern hatte im Jahr 2004 einen Anteil von etwa 0,3 % am globalen und 10 % am deutschlandweiten CO₂-Ausstoß.



Bayerns Anteil am globalen Kohlendioxid-Ausstoß lag im Jahr 2004 bei 0,3 % (82,8 Millionen Tonnen). Der globale Gesamtausstoß liegt bei rund 30 Milliarden Tonnen jährlich.

Abb. 22: Anteile der Länder und Regionen der Erde an den globalen Kohlendioxid-Emissionen im Jahr 2004

Entwicklungsstand, Wirtschaftsstrukturen und Umwelttechnologien eines Landes bestimmen die Pro-Kopf-Emissionen.



Mit unter sieben Tonnen zählte Bayern 2004 zu den Ländern mit einem vergleichsweise niedrigen jährlichen Kohlendioxid-Ausstoß je Einwohner.

Abb. 23: Kohlendioxid-Emissionen pro Kopf in Bundesländern, Deutschland und International im Jahr 2004 (z. T. ältere Daten)

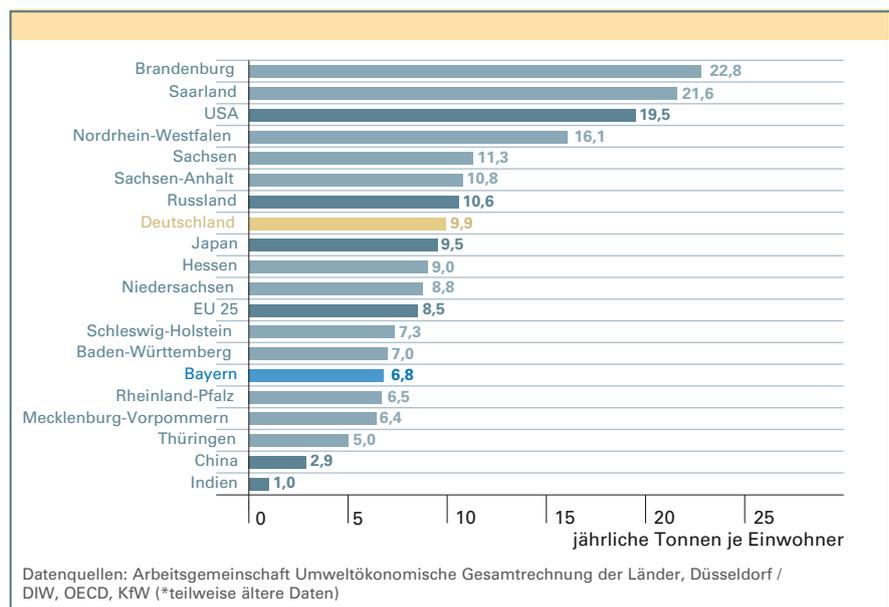
Weitere Zunahme der weltweiten Kohlendioxid-Emissionen erwartet

Vom Menschen emittiertes Kohlendioxid stammt nahezu vollständig aus der Verbrennung fossiler Energieträger.

Hauptemittenten von Kohlendioxid in Bayern: Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Verkehr

Bezogen auf den einzelnen Einwohner sind die CO₂-Emissionen in den Schwellenländern wie Indien und China noch relativ niedrig. Im Gegensatz zu uns verursacht derzeit ein Inder nur etwa ein Siebtel der CO₂-Menge. Wenn auch die indische Bevölkerung unseren Lebensstil praktizieren würde, lägen die gesamten CO₂-Emissionen Indiens um 30 % über dem weltweiten Spitzenwert der USA.

Damit wird zum einen deutlich, dass über die nationalen Gesamtemissionen der einzelnen Staaten hinaus auch der Pro-Kopf-Ausstoß im jeweiligen Land zu berücksichtigen ist, wenn die Verantwortung der einzelnen Länder für die Entwicklung der weltweiten Emissionen bewertet werden soll. Zum anderen macht eine solche Betrachtung klar, welche Anstrengungen bei uns und weltweit noch erforderlich sind, um eine globale Wohlstandsentwicklung ohne weitreichende Konsequenzen für das Weltklima zu ermöglichen.

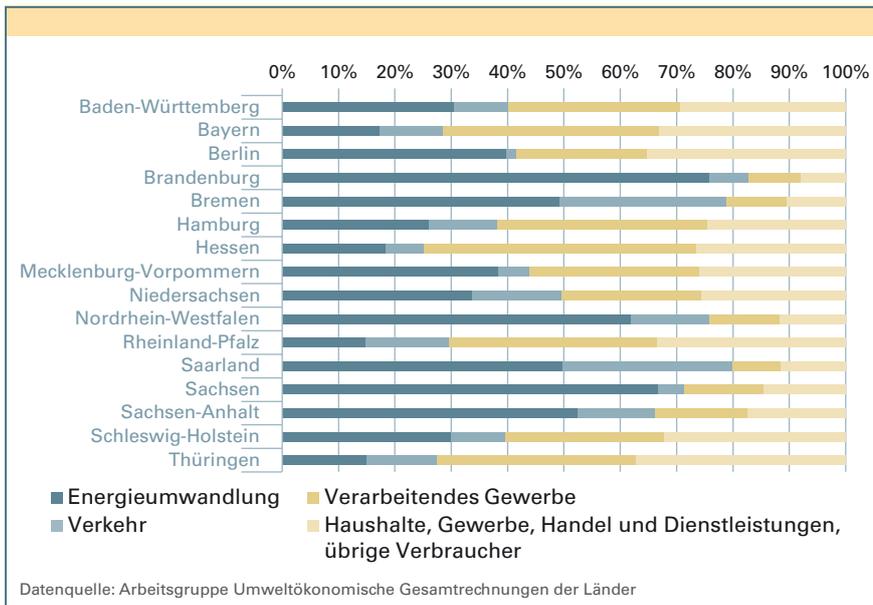


Die Internationale Energieagentur rechnet mit einer weltweiten Zunahme des Energieverbrauchs und damit des CO₂-Ausstoßes um etwa 50 % bis 2030. Die Emissionen werden vor allem in den Schwellenländern wie China und Indien erheblich steigen. Dort waren zuletzt jährliche Zuwachsraten von rund 10 % zu verzeichnen.

Kohlendioxid – der Löwe unter den Treibhausgasen

Fast das gesamte Kohlendioxid aus nicht erneuerbaren Quellen stammt aus der Nutzung fossiler Energieträger. In Deutschland gehen mehr als 45 % der energiebedingten CO₂-Emissionen – diese bilden den Hauptanteil der gesamten CO₂-Emissionen – auf die Energieumwandlung, vorwiegend die Strom- und Wärmeerzeugung, zurück. Gut 20 % der Emissionen werden im Verkehrsbereich verursacht. Weitere 13 % entstehen bei Verbrennungsprozessen im verarbeitenden Gewerbe. Die übrigen 21 % stammen aus den privaten Haushalten (Feuerungen) und dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher, zu dem auch die Landwirtschaft, das Baugewerbe sowie Kleingewerbe aller Art und militärische Dienststellen gehören.

In den einzelnen Bundesländern sind die Verhältnisse jedoch durchaus verschieden. In Bayern war 2004 der Anteil der Strom- und Wärmeerzeugung mit nur etwa 17 % relativ gering. Dies liegt am überwiegenden Einsatz von Kernenergie und Wasserkraft. Mit fast 35 % für Haushalte, Gewerbe, Handel und



Größe und Wirtschaftsstruktur der Bundesländer bestimmen den Beitrag zu den deutschlandweiten Kohlendioxid-Emissionen. Besondere Bedeutung hat der Umfang der Energieumwandlung.

Abb. 24: Energiebedingte Kohlendioxid-Emissionen nach Sektoren in 2004 (in %, z.T. ältere Daten)

Dienstleistungen und etwa 37 % für den Verkehr entfielen die größten Anteile auf diese beiden Sektoren.

In der Vergangenheit haben die bayerischen CO₂-Emissionen mit dem Energieverbrauch stetig zugenommen. Diese Entwicklung konnte nun umgekehrt werden, und die energiebedingten CO₂-Emissionen zeigen erstmals einen rückläufigen 10-Jahres-Trend, obwohl Bevölkerung und Wirtschaft weiter wachsen. Die Menge von 84,5 Millionen Tonnen aus dem Bezugsjahr 1990 wird seit 2002 wieder unterschritten und lag in 2004 bei 82,8 Millionen Tonnen. Dies ist vor allem auf die vermehrte Verwendung CO₂-armer Energieträger und eine steigende Energieeffizienz zurückzuführen.

In Bayern gab es die deutlichsten CO₂-Einsparungen nach 1995 vor allem im verarbeitenden Gewerbe sowie im Sektor Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher. Die CO₂-Emissionen aller Verkehrsträger lagen 2004 vor allem wegen des gewachsenen Güter- und Flugverkehrs höher als 1990 und folgen keinem klaren 10-Jahres-Trend mehr. Die Emissionen aus dem Flugverkehr, mit knapp einem Zehntel am Gesamtverkehr beteiligt, stiegen

In Bayern seit 2002 Emissionswerte wieder geringer als 1990

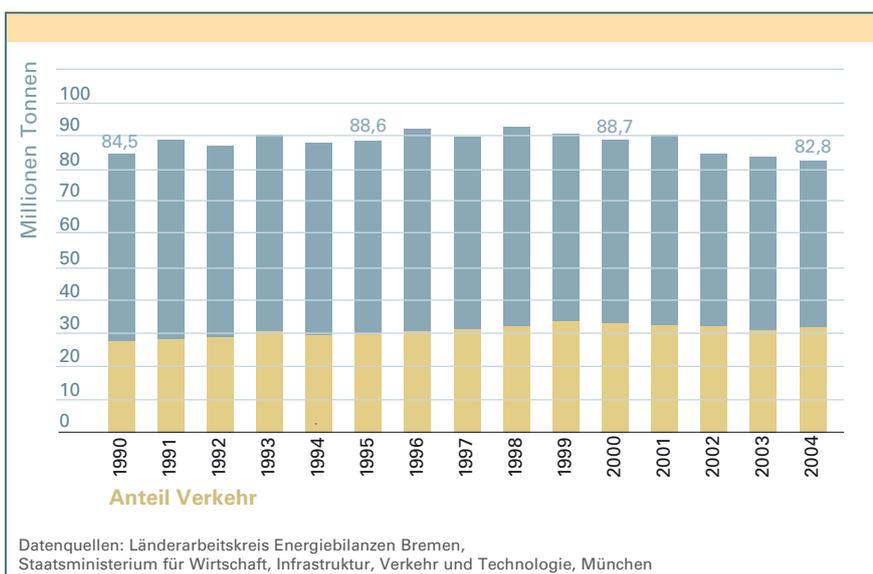


Abb. 25: Kohlendioxid-Emissionen – Entwicklung in Bayern von 1990 bis 2004 (Gesamtemissionen und Verkehr)

Bislang keine Emissionsminderung im gesamten Verkehrsbe-
reich, starker Anstieg beim Flug-
verkehr um 83 % seit 1990

seit 1990 um über 83 % auf 2,5 Millionen Tonnen an; beim Pkw-Verkehr ist hin-
gegen eine leicht rückläufige Entwicklung erkennbar.

Durch den stark gestiegenen Tanktourismus werden allerdings mehrere Mil-
lionen Tonnen CO₂-Emissionen rechnerisch vor allem in den Nachbarländern
Österreich und Tschechien verbucht und fallen somit aus der Bilanz für Bayern
heraus.

Methan – überwiegend aus der Landwirtschaft

Die in Deutschland wichtigsten Emissionsquellen für Methan sind die Landwirt-
schaft (Viehhaltung), der Energiesektor und die Abfallwirtschaft. Methan-Emissi-
onen aus dem Verkehr und aus Feuerungsanlagen haben demgegenüber einen
deutlich geringeren Anteil. Weltweit entsteht anthropogen verursachtes Methan
zu einem Großteil beim Reisanbau.

Deutschlandweit war 2005 die Landwirtschaft mit einem Anteil von knapp
48 % die wichtigste Quelle von Methan-Emissionen. Vier Fünftel davon entstan-
nen den Ausgasungen aus den Mägen von Wiederkäuern. Das restliche Fünftel
wird bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger freigesetzt.
Zweitwichtigster Emittent ist der Energiesektor mit ungefähr 29 %. Das Methan
wird hier zum größten Teil diffus bei der Gewinnung und Verteilung fester
Brennstoffe (insbesondere aus dem Kohlebergbau) sowie von Öl und Gas freige-
setzt. Die verbleibenden knapp 23 % der deutschen Methan-Emissionen entstan-
den in der Abfall- und Abwasserentsorgung, vorwiegend durch Gasemissionen
aus Abfalldeponien. Bis 2006 gingen die bundesweiten Methan-Emissionen um
44 % gegenüber 1995 zurück. Der Rückgang verlief kontinuierlich und gleichmä-
ßig und trug so überdurchschnittlich zur Reduzierung der gesamten Treibhaus-
gas-Emissionen Deutschlands bei.

Bayern hat einen Anteil von knapp 15 % an den deutschlandweiten Methan-
Emissionen. Die Emissionen je Einwohner liegen knapp unter dem Bundes-
durchschnitt. Im Vergleich zu den anderen Bundesländern wird in Bayern als
Flächenland das meiste Methan aus der Landwirtschaft (Viehzucht) emittiert.

Der Rückgang der Methan-Emissionen war in Bayern zwischen 1995 und
2004 mit 25 % im bundesweiten Vergleich unterdurchschnittlich. Dies lässt
sich damit erklären, dass die stärksten Emissionsminderungen in den letzten
Jahren generell durch Verbesserungen im Bereich der Abfallwirtschaft erzielt
werden konnten. In Deutschland konnten damit 62 %, in Bayern sogar 73 % der

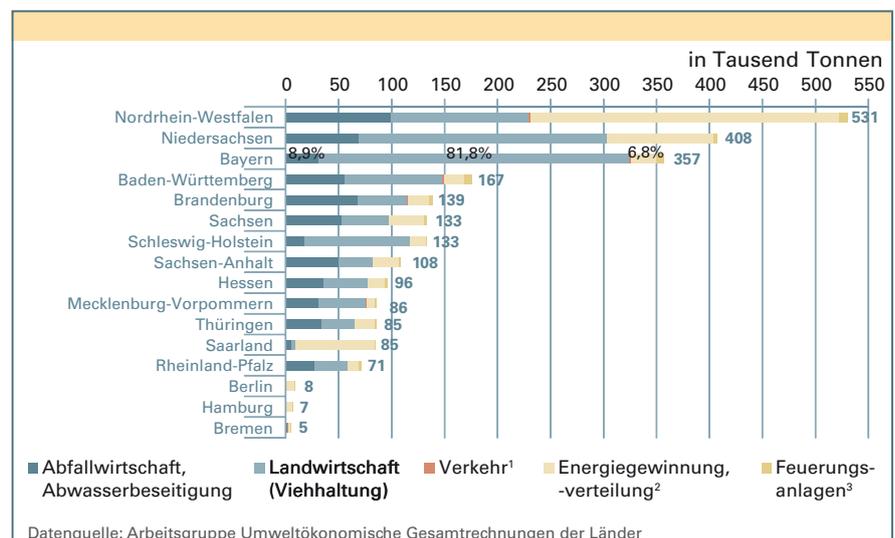


Anteil der bayerischen Methan-
Emissionen an den bundesweiten
Emissionen überdurchschnittlich,
Rückgang unterdurchschnittlich,
Pro-Kopf-Emission unter dem
Durchschnitt

Hauptemittent von Methan in
Bayern: Landwirtschaft mit 82 %

Abb. 26: Methan-Emissionen 2004 nach
Sektoren

1) Straßenverkehr, sonstiger Verkehr, Off-Road-Verkehr
2) einschl. Prozesse
3) öffentliche Wärmekraftwerke und Fernheizwerke,
Industrie, Haushalte und Kleinverbraucher



Emissionen eingespart werden. Die Abfallwirtschaft hat in Bayern im Vergleich zur Landwirtschaft, bei der eine Reduktion um 11 % möglich war, aber nur einen geringen Anteil an den Gesamtemissionen von Methan. Gestiegen sind die Emissionen im gleichen Zeitraum auch im Energiesektor.

Lachgas – kein Grund zur Freude

Lachgas ist deutschlandweit nach dem Kohlendioxid das zweitwichtigste Kyoto-Gas. Es hat 2002 das Methan an Bedeutung übertundet. Lachgas wurde 2004 in Deutschland zu 64 % aus der Landwirtschaft emittiert. Die Emissionen stammen im Wesentlichen aus der Düngung, dem Weidegang, dem Anbau von Leguminosen, d. h. stickstofffixierenden Pflanzen, aus Ernterückständen und der Bewirtschaftung ehemaliger Nieder- und Hochmoorflächen, in denen der Stickstoff bis dahin im Torf fest gebunden war. Mit mehr als 20 % folgen industrielle Prozesse und Produktanwendungen. Hierzu gehören insbesondere die Herstellung von Salpeter- und Adipinsäure sowie der Einsatz von Narkosemitteln. Die übrigen rund 15 % teilen sich die Abwasserbeseitigung und Kompostierung sowie Feuerungsanlagen und der Verkehr.

Wie beim Methan ist auch im Falle des Lachgases der Anteil der bayerischen Landwirtschaft überdurchschnittlich. Mit fast 87 % lag ihr Anteil um mehr als 20 Prozentpunkte höher als im Bundesdurchschnitt. Sehr viel geringer war dagegen der Beitrag der industriellen Prozesse und Produktanwendungen.

Während die Lachgas-Emissionen bundesweit zwischen 1990 und 1995 um 8 %, bis 1999 sogar um 30 % verringert werden konnten, ist seitdem wieder ein Anstieg zu beobachten. Die Minderung, die bis 1999 erreicht wurde, geht im Wesentlichen auf Emissionsreduzierungen in Rheinland-Pfalz zurück. Die Rückgänge dort lassen sich wie in ganz Deutschland auf verbesserte Technologien im Bereich der industriellen Herstellung von Säuren zurückführen. Steigende Produktionsmengen in den letzten Jahren haben jedoch das verbesserte Emissionsverhalten inzwischen kompensiert.

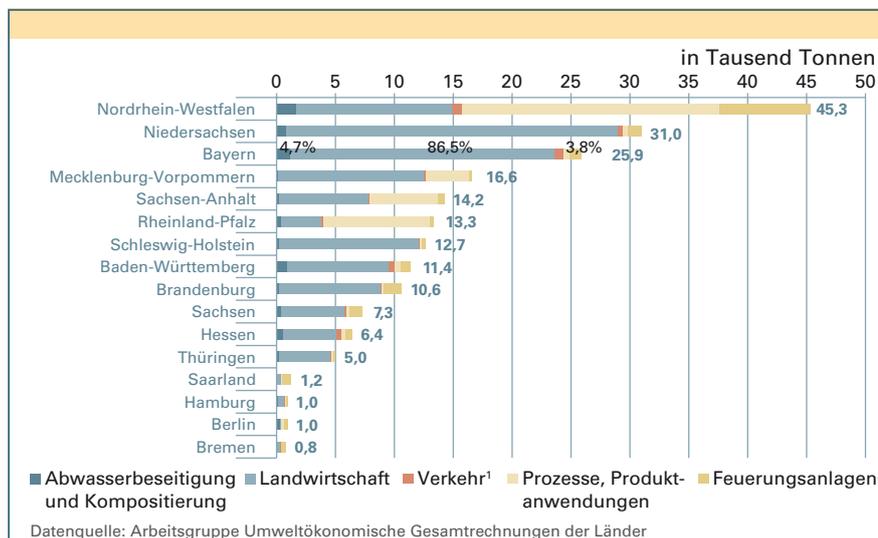
In Bayern konnten die Emissionen im Gesamtzeitraum 1995 bis 2004 um knapp 4,5 % gesenkt werden. Die Minderungen beim Hauptemittenten Landwirtschaft lagen bei 3,6 %.



Bewirtschaftung von Niedermoorböden
(Freisinger Moos)

Die bayerischen Pro-Kopf-Emissionen liegen unter dem deutschen Durchschnitt.

In den letzten Jahren kaum mehr Minderungen erreicht



87 % der Lachgas-Emissionen in Bayern kommen aus der Landwirtschaft.

Abb. 27: Lachgas-Emissionen 2004 nach Sektoren

1) Straßenverkehr, sonstiger Verkehr, Off-Road-Verkehr
2) öffentliche Wärmekraftwerke und Fernheizwerke, Industrie, Haushalte und Kleinverbraucher



Klimapolitik – Ziele und Programme

Den fortschreitenden Klimawandel aufzuhalten und seine nachteiligen Folgen abzumildern, ist eine der größten Herausforderungen der Menschheit. Die bereits heute erkennbaren Ausmaße der Klimaveränderung machen deutlich, dass konzertierte Aktionen der Staatengemeinschaft mit all ihren Akteuren erforderlich sind, um einerseits das Schlimmste zu verhindern, andererseits aber auch die Herausforderungen für Innovation und technischen Fortschritt zu nutzen. Konkret formulierte Programme helfen, die vielfältigen Aktivitäten an gemeinsamen Zielen auszurichten und zu koordinieren sowie die Anstrengungen sinnvoll zu bündeln. Ein gesunder Wettbewerb zwischen den Staaten um zukunftsweisende Konzepte und Strategien des Klimaschutzes fördert die Erreichung der gemeinsamen Ziele.

Klimaschutz warum?

42

Die Kosten des Klimawandels sind enorm und werden in Zukunft den Staatshaushalt erheblich belasten, wenn nicht gegen- gesteuert wird. Zum Klimaschutz gibt es auch aus wirtschaftlicher Sicht keine Alternative.

Klimaschutz programme

43

Ausgehend von den internationalen Vereinbarungen von Rio und Kyoto haben die Staaten nationale Programme zum Klimaschutz entwickelt. Bayern will auch in Zukunft seine Spitzenposition im Klima- schutz behalten.

Klimawandel kommt Bayern teuer zu stehen.

„Wir haben die Risiken unterschätzt, wir haben die Schäden unterschätzt, und wir haben die Wahrscheinlichkeit der Erderwärmung unterschätzt.“

Nicholas Stern, ehemaliger Chef-Ökonom der Weltbank

→ Stern-Report (1)



Zu Emissionsminderungsmaßnahmen gibt es auch aus wirtschaftlichen Gründen keine Alternative.



Die Klimarahmenkonvention – völkerrechtliche Verpflichtung zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen

Klimaschutz warum?

Unüberschaubare Kosten zwingen zum Handeln

Der globale Klimawandel wird vielfach als das größte Umweltproblem der Gegenwart angesehen. Mittlerweile herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass sich das Klima durch den Einfluss des Menschen verändert und die Weltgemeinschaft langfristig in gemeinsamer Anstrengung Ausmaß und Folgen der Klimaveränderungen beschränken muss. Es gibt inzwischen einen breiten Konsens, dass eine deutliche Reduzierung des Ausstoßes der Treibhausgase für die Gesellschaft langfristig kostengünstiger und wirtschaftlich attraktiver ist. Kann der Klimawandel aufgehalten oder zumindest gebremst werden, muss mit geringeren Ausgaben bei der Anpassung an die Klimafolgen gerechnet werden. Für die Wirtschaft ergeben sich durch die Entwicklung und Vermarktung neuer Technologien und die Erschließung neuer Exportmärkte viele positive Impulse.

Die jährlichen Kosten für die erforderliche Stabilisierung der Treibhausgas-Konzentration zwischen 500 und 550 ppm → CO_2 -Äquivalenten (davon entfallen allein 450 ppm auf das CO_2) belaufen sich gemäß → Stern-Report auf etwa 1 % des globalen Bruttoinlandsprodukts, wenn sofort mit entschiedenen Klimaschutzmaßnahmen begonnen wird. Demgegenüber steigen die Kosten des Klimawandels auf wenigstens 5 % des globalen Bruttoinlandsprodukts, wenn nicht gehandelt wird. Je nachdem, welche Risiken und Einflüsse zusätzlich berücksichtigt werden, könnten die Schäden auf 20 % oder mehr ansteigen. Dabei werden die Entwicklungs- und Schwellenländer die wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels überdurchschnittlich stark zu spüren bekommen.

Für Deutschland hat das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung 2007 die finanziellen Folgen berechnet, die auf uns zukämen, wenn die Politik nicht umsteuert und sich die globalen Temperaturen um 4,5 Grad bis 2100 erwärmen. Die Untersuchungen ergaben, dass die einzelnen Wirtschaftszweige und die verschiedenen Regionen Deutschlands in unterschiedlichem Maße von den wirtschaftlichen Folgen betroffen wären. Von geschätzten 800 Milliarden Euro, die bis zum Jahr 2050 für die Beseitigung von Klimaschäden, die Anpassung an den Klimawandel und für erhöhte Energiekosten anfallen würden, müsste allein Bayern 113 Milliarden Euro aufbringen. Dies wäre nach Baden-Württemberg die zweithöchste Schadenssumme. Gemessen am prozentualen Anteil an ihrer Bruttowertschöpfung müssten Sachsen-Anhalt, Rheinland-Pfalz und Thüringen die stärksten Belastungen tragen. Sollte keine deutliche Intensivierung des Klimaschutzes erreicht werden, können sich die durch den Klimawandel insgesamt verursachten Gesamtkosten bis zum Jahr 2100 auf fast 3.000 Milliarden Euro belaufen. Andere Studien, die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden, veranschlagen sogar noch höhere Schäden.

Angesichts dieser Kostenschätzungen gibt es auch aus wirtschaftlicher Sicht keine Alternative zum Klimaschutz: Eine konsequente Emissionsreduktion in enger Zusammenarbeit aller Staaten ist dringend geboten.

Um den Klimawandel aufzuhalten, haben sich 189 Staaten auf die → Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen geeinigt (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC). Sie wurde 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet und trat 1994 in Kraft. Gemäß der Konvention sind alle beteiligten Staaten verpflichtet, Programme und Maßnahmen zur Verringerung der Klimagas-Emissionen auszuarbeiten und regelmäßig Berichte vorzulegen. Die Konvention verfolgt das langfristige Ziel, die Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, mit dem eine gefährliche,

vom Menschen verursachte Störung des Klimasystems verhindert werden kann. Außerdem regt die Konvention zu vertiefender Erforschung und Beobachtung der Prozesse des Klimawandels und seiner Ursachen an.

Auf der Klimarahmenkonvention baut das → *Kyoto-Protokoll* auf. Mit seiner Unterzeichnung 1997 haben sich die teilnehmenden Staaten auf rechtlich verbindliche Minderungsziele für Treibhausgas-Emissionen geeinigt. Die Umsetzung des Protokolls ist mit Auswirkungen auf nahezu alle Wirtschaftssektoren verbunden. Es gilt als die weitreichendste internationale Vereinbarung zum Schutz der Umwelt und zur nachhaltigen Entwicklung, die jemals verabschiedet wurde.

Das Protokoll von Kyoto sieht vor, den Ausstoß von Klimagasen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um durchschnittlich 5,2 % unter das Niveau von 1990 zu senken. Für die einzelnen Länder gelten dabei unterschiedliche Vorgaben, die vor allem von ihrer wirtschaftlichen Entwicklung abhängen. Die Europäische Gemeinschaft hat sich in diesem Rahmen zu einer Reduzierung der Emission von Klimagasen um 8 % verpflichtet. Deutschland verfolgt innerhalb der EU das Ziel einer noch stärkeren Reduzierung um 21 % seiner Emissionen.

Auf der Frühjahrstagung 2007 wurde vom Europäische Rat der „Aktionsplan für Klimaschutz und Energiepolitik“ beraten und ein Paket mit verbindlichen Zielen und Maßnahmen bis zum Jahr 2020 beschlossen, d. h. über den Vertragszeitraum des Kyoto-Protokolls hinaus. Demnach sollen die Treibhausgas-Emissionen um 20 % bezogen auf das Basisjahr 1990 reduziert werden. Wenn sich andere Industrieländer zu vergleichbaren Emissionsreduzierungen und die wirtschaftlich weiter fortgeschrittenen Entwicklungsländer zu einem angemessenen Beitrag verpflichten, will die EU sogar eine Minderung um 30 % vorantreiben. Für das Kyoto-Folgeabkommen sind die Vorschläge der EU zur Emissionsreduktion sogar noch weitreichender.

Klimaschutzprogramme

Und was geschieht in Deutschland?

Im August 2007 hat die Bundesregierung in Meseberg Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm beschlossen. Es gehört weltweit zu den ambitioniertesten Klimaschutzprogrammen. Mit einem 29 Punkte umfassenden Maßnahmenpaket sollen die Weichen gestellt werden, um die Klimaziele in einem kontinuierlichen Prozess bis zum Jahr 2020 zu erreichen und die erforderlichen Maßnahmen kosteneffizient auszugestalten.

Der Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch soll auf 14 % und an der Stromerzeugung auf 25 bis 30 % erhöht, der Anteil der → *Kraft-Wärme-Kopplung* an der Stromerzeugung bis 2020 auf 25 % verdoppelt werden. Daneben sollen erhebliche Emissionsminderungen im Gebäudebereich durch die Fortführung des Gebäudesanierungsprogramms bzw. durch Verschärfungen der Energieeinsparverordnung erzielt werden.

Bereits im Dezember 2007 hat das Kabinett ein umfangreiches Paket mit 14 Gesetzen und Verordnungen vorgelegt. Ein zweites, kleineres Paket wurde im Mai 2008 verabschiedet. Hierzu gehören unter anderem die Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes, des Energiewirtschaftsgesetzes, der Energieeinsparverordnung und des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Damit schafft der Bund den ordnungsrechtlichen Rahmen für mehr Klimaschutz. Zusätzlich stellt er umfangreiche Finanzmittel für die Umsetzung der Meseberger Beschlüsse zur Verfügung. Allein für das Jahr 2008 hat die Bundesregierung insgesamt



Das Kyoto-Protokoll – klar definierte Minderungsziele

☐ → Kyoto-Protokoll (2)

EU Aktionsplan für Klimaschutz und Energiepolitik: verbindliche Ziele über den Kyoto-Zeitraum hinaus

☐ → Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung (3)

Ausbau der erneuerbaren Energien, Erhöhung der Energieeffizienz

Schaffung eines ordnungsrechtlichen Rahmens und umfangreiche finanzielle Förderung

Verdopplung des bisherigen Klimaschutzes angestrebt: Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen um 36 % bis 2020



Bayerische Doppelstrategie:
Reduktion und Anpassung

→ Klimaprogramm Bayern 2020 (4)

Durch ambitionierte Klimaschutzziele die Spitzenposition und den Vorbildcharakter Bayerns im Klimaschutz erhalten

Mit dem Klimaprogramm 2020 auf spezifischen Bedarf in Bayern reagieren und Förderlücken des Bundes schließen

223 Millionen für die Minderung von Treibhausgas-Emissionen

85 Millionen für die Anpassung an den Klimawandel

3,3 Milliarden Euro für Klimaschutzmaßnahmen in den Haushalt eingeplant. Das ist eine Steigerung von 200 % gegenüber dem Jahr 2005.

Mit diesen Beschlüssen will die Bundesregierung die bisherigen Klimaschutzanstrengungen in Deutschland verdoppeln. Aktuell beträgt die in Deutschland erzielte Minderung der Treibhausgas-Emissionen gegenüber 1990 18 %. Mit der Umsetzung des Programms soll eine Reduktion um 36 % erreicht werden.

Bayern – Erhaltung der Spitzenposition

Bayern hatte sich bereits mit dem Klimaschutz-Konzept 2000 das ambitionierte Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2010 den CO₂-Ausstoß auf 80 Millionen Tonnen pro Jahr zu senken. Dies entspräche 6,4 Tonnen CO₂ je Einwohner und Jahr.

Die Bayerische Staatsregierung hat das ursprüngliche Konzept 2003 überarbeitet und als „Initiative klimafreundliches Bayern“ fortgeschrieben. Im Zuge dieser Initiative wurden auch Vereinbarungen mit der Wirtschaft („Klimadialog“) getroffen und die Klima-Allianz mit dem Bund Naturschutz, den beiden großen christlichen Kirchen, dem Bayerischen Landkreistag und seit 2008 dem Verband der Bayerischen Bezirke, dem Bayerischen Gemeindetag, der Bayerischen Architektenkammer, dem Bund Deutscher Architekten, der Bayerischen Ingenieurkammer-Bau und dem Bayerischen Landessportverband geschlossen. Weitere Beitritte wie der des Landesbunds für Vogelschutz, des Bayerischen Jugendrings und des Verbands der Biologen in Bayern sind in Vorbereitung.

Die alarmierenden Ergebnisse des vom IPCC im Frühjahr 2007 herausgegebenen 4. Weltklimaberichts waren der Anlass, weitere konkrete Maßnahmen für den Klimaschutz in Bayern auf den Weg zu bringen. Mit dem im November 2007 beschlossenen Klimaprogramm Bayern 2020 baut der Freistaat seine Doppelstrategie aus Reduktion und Anpassung beim Klimaschutz weiter konsequent aus. Das vom Bayerischen Ministerrat im Juni 2008 verabschiedete „10-Punkte-Programm für intelligente Energiepolitik“ legt zusätzliche ehrgeizige Klimaschutzziele fest, die in das Klimaprogramm aufgenommen wurden und mit denen Bayern bundesweit seine Vorreiterrolle im Klimaschutz behaupten möchte. Als eines der ersten Industrieländer überhaupt hat sich der Freistaat hierbei die Reduzierung des energiebedingten CO₂-Ausstoßes auf deutlich unter 6 Tonnen pro Kopf und Jahr bis 2020 zum Ziel gesetzt.

Um diese anspruchsvolle Vorgabe zu erreichen, stellt die Bayerische Staatsregierung neben den laufenden Klimaschutzanstrengungen über das Klimaprogramm 2020 weitere 350 Millionen Euro zur Verfügung. In den kommenden vier Jahren können damit 14 konkrete Maßnahmenpakete zur Senkung der CO₂-Emissionen, zur Anpassung an den Klimawandel und im Bereich der Forschung finanziert werden. Das Investitionskonzept des Klimaprogramms ist so angelegt, dass es den speziellen Bedarf in Bayern berücksichtigt und Förderlücken des Bundes schließt.

Die Fördermittel teilen sich auf drei große Programmschwerpunkte auf:

■ Senkung der Treibhausgas-Emissionen:

Knapp zwei Drittel der Fördermittel in Höhe von 223 Millionen Euro werden für dieses Ziel bereitgestellt. Staatliche, kommunale und kirchliche Gebäude sollen energetisch saniert und der Anteil erneuerbarer Energien am → *Endenergieverbrauch* auf 20 % bis 2020 verdoppelt werden. Bayern setzt dabei vor allem auf die Nutzung von Biomasse, Wasserkraft und Erdwärme.

■ Regionale Anpassungsstrategien:

Neben der Minderung der Treibhausgas-Emissionen gilt es, den unumgänglichen Auswirkungen des rasanten CO₂-Anstiegs der letzten 40 Jahre zu begegnen. Rund 85 Millionen Euro fließen daher in regionale Maßnahmen.

Diese Mittel kommen zum einen im Rahmen des Hochwasserschutz-Aktionsprogramms 2020 unter anderem für den klimagerechten Aus- und Neubau von Hochwasserschutzanlagen zum Einsatz. Zum anderen werden für die Sicherheit der Wasserversorgung alle nutzbaren Grundwasservorkommen geschützt und ein vermehrter Verbund von Anlagen angestrebt. Für die Forstwirtschaft stehen Gelder bereit, um rund 100.000 Hektar der akut gefährdeten Fichtenbestände bis 2020 in stabile Mischwälder umzubauen und den Bergwald durch Schutzwaldpflege und Schalenwildregulierung zu stärken.

■ Intensivierung der Klimaforschung:

Strategien für Schadensvermeidung, Anpassung und Vorsorge bedürfen einer fundierten Wissensbasis. Forschungsvorhaben im Klimabereich werden daher in Bayern mit 42 Millionen Euro gefördert. Der Staat setzt dabei auf interdisziplinäre Forschungsverbünde. Wichtige Forschungsfragen sind unter anderem die nach den Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökosysteme, nach verbesserten regionalen Klimamodellen, nach wirksamen Strategien zur Vermeidung von Bodenerosion und zur Einführung des → *Präzisionsackerbaus*, nach den Möglichkeiten einer Eindämmung forstlicher Schädlinge oder nach den gesundheitlichen Folgen der Klimaerwärmung. Forschung und Entwicklung sind auch der Schlüssel zu einer nachhaltigen Energieversorgung. Forschungsfelder sind unter anderem die Gewinnung von Treibstoffen aus erneuerbaren Energien, die CO₂-arme Erzeugung von Wasserstoff, die Nutzung von Solarkraftwerken, innovative Leichtbauweisen in Fahrzeugen sowie die Integration erneuerbarer Energieträger in bestehende Energienetze.

Die Bürgerinnen und Bürger, die Kommunen und die Wirtschaft Bayerns werden darüber hinaus von der Staatsregierung mit gezielten Fördermaßnahmen und -programmen bei einem klimabewussten Verhalten unterstützt.

So können Kommunen, die den Energieverbrauch ihrer Einrichtungen bewerten oder neue Energiekonzepte für Neubaugebiete erstellen möchten, vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie Zuwendungen über das Programm „Förderschwerpunkt kommunale Energieeinsparkonzepte“ erhalten.

Gemeinden und kirchliche Einrichtungen, die Energiesparkonzepte erstellen und auch praktisch umsetzen wollen, profitieren vom „CO₂-Minderungsprogramm für kommunale Liegenschaften“. Bewilligungsbehörde ist das Bayerische Landesamt für Umwelt.

Um den Einsatz von Biomasse als wichtigstem erneuerbaren Energieträger in Bayern voranzubringen, können sich Kommunen und auch jeder Bürger den Einbau einer Biomasseheizanlage von staatlicher Seite bezuschussen lassen, sofern der Jahresenergiebedarf 500 MWh übersteigt. Ansprechpartner ist das „Technologie- und Förderzentrum“ des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten.

Bayerische Unternehmen, die Technologien zur rationelleren Gewinnung oder Verwendung von Energie entwickeln oder anwenden wollen, können das „Bayerische Programm Rationellere Energiegewinnung und Verwendung (REV)“ nutzen. Förderfähig sind Entwicklungen, die ohne Zuschuss nicht realisierbar wären, oder Demonstrationsvorhaben, die mit einem höheren wirtschaftlichen Risiko verbunden sind. Bewilligungsbehörde ist das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie. Die „Förderfibel Umweltschutz“ gibt Unternehmen einen guten und umfassenden Überblick über weitere staatliche Förderprogramme für mehr Klimaschutz in Bayern.

Für viele Maßnahmen werden ergänzend zu den bayerischen Fördermitteln auch noch zusätzlich Gelder vom Bund zur Verfügung gestellt.

42 Millionen für Forschung und Entwicklung

Unterstützung für Kommunen:

☐ → Förderschwerpunkt kommunale Energieeinsparkonzepte (5)

☐ → CO₂-Minderungsprogramm für kommunale Liegenschaften (6)

Förderungen für Biomasseheizanlagen:

☐ → Technologie- und Förderzentrum des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten (8)

Förderung für innovative Energietechnologie-Unternehmen:

☐ → Bayerisches Programm Rationellere Energiegewinnung und Verwendung (7)

☐ → Förderfibel Umweltschutz (9)

☐ → BMU-Broschüre zu Fördergeldern (10)



Klimaschutz – Minderung der Emissionen

Um nicht mehr beherrschbare Klimafolgen zu vermeiden, muss der vom Menschen verursachte Temperaturanstieg auf maximal 2 Grad stabilisiert werden. Wegen der Trägheit des Klimasystems braucht eine „Klimabremse“ aber über 50 Jahre, um zu wirken. Durchgreifende Maßnahmen müssen also jetzt getroffen werden.

Ein wirksamer Klimaschutz verlangt Einfallsreichtum, Bereitschaft zu Investitionen, Mut und Konsequenz. In vielen Bereichen des staatlichen, kommunalen, unternehmerischen und schließlich auch persönlichen Handelns ist ein Umdenken erforderlich.

Die Minderung der Treibhausgas-Emissionen muss mit allen Mitteln vorangetrieben werden, mit technischen und organisatorischen Maßnahmen. Energie muss effizienter eingesetzt werden, fossile Energieträger müssen den erneuerbaren weichen, und die Ökosysteme müssen für eine erhöhte Bindung von Kohlendioxid stark gemacht werden.

Emissionsminderung Schlüssel zum Klima- schutz

48

Staat, Kommunen, Wirtschaft und Verbraucher sind gefordert. Nur mit konsequenten Maßnahmen zur Reduzierung der Klimagasemissionen lassen sich die Klimaschutzziele erreichen.

Ökosysteme als Treibhausgas- Senken eine weitere Möglichkeit zum Klimaschutz

64

Ökosysteme entnehmen der Atmosphäre natürlicherweise Kohlendioxid und speichern dieses. Das können wir uns zunutze machen und damit zu einer Senkung der Treibhausgaskonzentrationen beitragen.

Emissionsminderung – Schlüssel zum Klimaschutz

Mit gutem Beispiel voran gehen:
der Staat als Energiesparer

Gebäudesanierung ist hoch rentabel, insbesondere bei älteren Gebäuden.



Grundschule Günzburg-Südost erbaut nach dem richtungsweisenden Passivhausstandard

→ Planungsleitfaden „Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden“ (1)

→ Energiebericht der bayerischen staatlichen Hochbauverwaltung (2)

Der Freistaat engagiert sich

In seinem jüngsten Weltklimabericht geht das → IPCC davon aus, dass der Anstieg der globalen CO₂-Emissionen bis 2015 gestoppt und eine weltweite Reduktion von mindestens 50 bis 85 % bis 2050 (bezogen auf das Jahr 2000) erreicht werden muss, um irreparable Folgen des Klimawandels zu vermeiden. Unter diesen Bedingungen ließe sich der vom Menschen verursachte Temperaturanstieg auf maximal 2 Grad begrenzen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, bei weltweit 9 bis 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050 den durchschnittlichen Pro-Kopf-Ausstoß von Kohlendioxid auf etwa eine Tonne pro Jahr zu begrenzen.

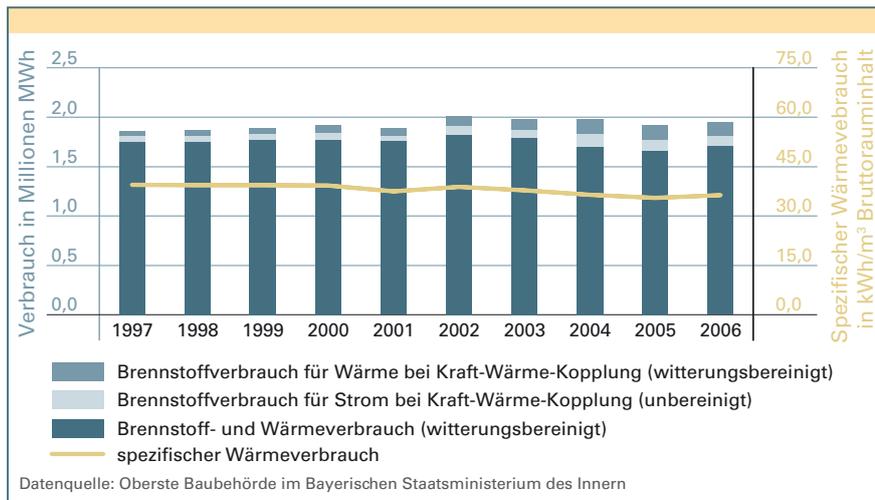
Die Beschlüsse des Bayerischen Landtags zur Begrenzung des Energieverbrauchs in staatlichen Gebäuden reichen von der konsequenten Förderung erneuerbarer Energien (1995) und Maßnahmen zur Energieeinsparung (1998), über den forcierten Ausbau der → Kraft-Wärme-Kopplung (2001) und einen verstärkten Einsatz von Biomasse (2005) bis zur Erleichterung der Nutzung von Photovoltaik auf Dächern staatlicher Liegenschaften (2007) und zur Förderung des Holzbaus nach Niedrigenergiestandard bei Neubauten (2008). Mit dem Klimaprogramm Bayern 2020 werden allein für die energetische Sanierung staatlicher Gebäude 150 Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Der Staat möchte so mit gutem Beispiel vorangehen.

Darüber hinaus hat Bayern eine Bundesratsinitiative zur Förderung des Wohnungsbaus und zur steuerlichen Flankierung der Klimaschutzziele auf den Weg gebracht. Wer klimafreundliche Wohnungen baut und vermietet oder selbst nutzt, soll mit Steuererleichterungen belohnt werden. Dies gilt auch, wenn eigene oder fremd genutzte Immobilien auf den neuesten Stand der Energiespar-technik gebracht werden.

Zusätzlich zur energetischen Sanierung alter Gebäude folgt der Freistaat beim Neubau öffentlicher Liegenschaften den Anforderungen des Klimaschutzes. In Günzburg wurde z. B. im Jahr 2007 eine Grundschule im Passivhausstandard errichtet, eine weitere Passivhaus-Grundschule ist in Augsburg geplant. Im Allgäu werden zwei bestehende Schulen auf diesen Standard gebracht. Das Anfang der 70er Jahre errichtete Technische Ämtergebäude in Bayreuth erreicht nach der Modernisierung ebenfalls die energetischen Werte eines Passivhauses, im mittelfränkischen Herrieden wurde 2007 eine Passivhaus-Dreifachsporthalle vollendet. In Unterschleißheim im Landkreis München entstand bereits 2003 eine Sport- und Mehrzweckhalle nach Passivhaus-Konzept.

Eine wichtige Aufgabe ist besonders bei Büro- und Verwaltungsgebäuden die Verbesserung der Gesamteffizienz, d. h. neben dem Wärmeschutz auch die Minimierung des Energieverbrauchs beispielsweise für Kühlung und Beleuchtung. Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat deshalb 2008 zusammen mit der Obersten Baubehörde einen Planungsleitfaden für energieeffiziente Bürogebäude herausgegeben. Dieser soll helfen, zukunftsfähige Gebäudekonzepte umzusetzen und Fehler aus der Vergangenheit wie beispielsweise zu große Fassadenverglasungen zu vermeiden.

Der Freistaat zeigt außerdem, dass Energieeinsparung auch ohne wesentliche Investitionen möglich ist. Für rund 6.000 staatliche Liegenschaften werden regelmäßig Verbrauchszahlen erhoben und ausgewertet. Bei deutlich



Noch große Potenziale: Wärmeschutz und Verbesserungen der Regeltechnik für staatliche Gebäude

Abb. 28: Entwicklung des jährlichen Brennstoff- und Wärmeverbrauchs bei staatlichen Liegenschaften

überdurchschnittlichem Verbrauch erfolgen kurzfristige regeltechnische Anpassungen der Anlagen. Allein dadurch ist es gelungen, den Energieverbrauch in den letzten 15 Jahren um durchschnittlich 10 % zu senken. In der Bayerischen Staatsoper in München wurden beispielsweise durch regeltechnische Maßnahmen die Betriebskosten für Fernwärme, Strom und Wasser im Jahr 2005 um mehr als 200.000 Euro (entsprechend einem Drittel) gesenkt. Die CO₂-Emissionen reduzierten sich um rund 1.000 Tonnen.

Für einen möglichst effektiven Klimaschutz müssen zudem Fakten vermittelt, Akteure vernetzt und breite Schichten der Gesellschaft zum Handeln motiviert werden. Die Bayerische Staatsregierung zeigt sich dabei innovativ: Bereits im Oktober 2004 unterzeichnete sie ein Klimaschutzbündnis mit dem Bund Naturschutz in Bayern und begründete damit die Klima-Allianz. Die Allianz setzte sich zum Ziel, gemeinsam mit weiteren Partnern, die in den Folgejahren dem Bündnis beitraten, Energie zu sparen, die Nutzungseffizienz zu steigern und erneuerbare Energien auszubauen. Demnächst wird eine Internetplattform den Austausch von Informationen effektiver gestalten. Damit sollen weite Teile der Bevölkerung für das Thema Klimaschutz sensibilisiert und zu konkreten Maßnahmen motiviert werden. Interessierte Verbände und Institutionen können jederzeit Partner der Allianz werden und sich am Diskussionsforum online beteiligen.

Die Bayerische Staatsregierung setzt sich zudem dafür ein, die globale Erwärmung als zentrales Thema in der außerschulischen Umweltbildung zu verankern. Dabei kann sie auf ein umfangreiches Bildungsnetzwerk unter der Dachmarke „Umweltbildung.Bayern“ bauen, das sie zusammen mit Nichtregierungsorganisationen etabliert hat. Derzeit bieten 91 Partner ein vielseitiges, teilweise staatlich gefördertes Umweltbildungsprogramm an. Im März 2008 wurden unter dem Motto „Klima geht uns alle an!“ spezielle Projekte für Kinder und Jugendliche vorgestellt. Hierzu gehört auch die vom Bayerischen Landesamt für Umwelt konzipierte Wanderausstellung „Klima & Co.“. Ein vielfältiges Informationsangebot der Umweltbildungspartner findet sich auch im Internet.

Neben Vernetzung und Wissensvermittlung hat der Staat jedoch auch die Aufgabe, geeignete Rahmenbedingungen für Klimaschutzmaßnahmen zu schaffen. In Bayern gibt es ein umfangreiches Spektrum von Förderprogrammen und -maßnahmen. Diese richten sich unter anderem an Unternehmen (z. B. über das „Bayerische Umweltkreditprogramm“) sowie an Kommunen und Kirchen (wie über das „CO₂-Minderungsprogramm für kommunale Liegenschaften“). Hierfür wurden mit dem Klimaprogramm Bayern 2020 die Mittel deutlich aufgestockt.

Werden Sie Partner der Klima-Allianz und helfen Sie mit, Energie zu sparen und umweltfreundlich zu produzieren:

[Informationen zur Klima-Allianz \(3\)](#)

Wissen vermitteln – Nutzen Sie das vielfältige Programm der Initiative „Umweltbildung.Bayern“:

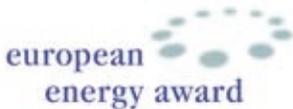
[Informationen zur Initiative „Umweltbildung.Bayern“ \(4\)](#)

Anreize schaffen – Finanzierungsprogramme des Freistaats für Unternehmen

[Förderfibel Umweltschutz \(5\)](#)

Der „European Energy Award“:

☞ Informationen zum „European Energy Award“ (6)



2006 stellte das Umweltministerium für einen Zeitraum von drei Jahren zusätzlich insgesamt 150.000 Euro zur Verfügung, um 15 Städten und Kommunen die Beteiligung am „European Energy Award“ zu ermöglichen. Dabei handelt es sich um ein erprobtes Managementsystem, das den Kommunen erlaubt, die Qualität ihrer Energieerzeugung und -nutzung zu bewerten, regelmäßig zu überprüfen und Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz zu identifizieren. Nach Analyse des Ist-Zustands werden der jeweiligen Gemeinde konkrete Maßnahmen vorgeschlagen. Je nach Grad der Umsetzung erfolgt eine Auszeichnung.

„Klimahaus Bayern“: Wettbewerb prämierte klimafreundliche Bauten im Alpenraum:

☞ Klimahaus Bayern (7)

2007 startete in Trägerschaft der Alpenschutzkommission CIPRA und des Energie- und Umweltzentrums Allgäu der Innovationswettbewerb „Klimahaus Bayern – Wohlfühlen und Energiesparen“. Gesucht wurden die klimafreundlichsten Bauten im bayerischen Alpenraum. Wesentliche Kriterien für die Bewertung waren unter anderem die Verwendung regionaler Baustoffe, die Nutzung klimafreundlicher Energiequellen und die Verbindung von High-Tech-Materialien mit traditionellen Bauweisen. Die Gebäude sollten nach Möglichkeit den Passivhausstandard als den Stand der Technik einhalten. Das Umweltministerium unterstützte den Wettbewerb mit rund 70.000 Euro.

„CO₂-Minderungsprogramm für kommunale Liegenschaften“: Energieeinspar-Contracting

☞ CO₂-Minderungsprogramm für kommunale Liegenschaften(8)

Kommunen aktiv

Für Maßnahmen im Umwelt- und Klimaschutz haben Städte und Gemeinden eine wichtige Vorbildfunktion für die Bürger: Sie können den Energieverbrauch öffentlicher Gebäude reduzieren, in erneuerbare Energien investieren, den Kraftstoffverbrauch ihrer Dienstfahrzeuge reduzieren oder die eigenen Beschäftigten zu klimafreundlichem Verhalten motivieren. Für die Stadt Memmingen modernisiert derzeit eine private Firma die Heizungsanlagen in 31 städtischen Gebäuden. Bei diesem so genannten „Energieeinspar-Contracting“ wird ein Teil der Kosten über das „CO₂-Minderungsprogramm für kommunale Liegenschaften“ abgedeckt. Der verbleibende Betrag wird aus den erzielten Kosteneinsparungen bestritten. Die Stadt rechnet damit, künftig 4.000 MWh Wärme und 380 MWh Strom einzusparen, was etwa 2.000 Tonnen CO₂-Ausstoß im Jahr entspricht. Die Gemeinde Walsdorf nutzte das Contracting-Verfahren für die Umrüstung ihrer Straßenbeleuchtung. Der Einsatz energieeffizienter Lampen senkte den jährlichen Strombedarf und damit auch die Kosten um 40 %.

Ehrgeizige Ziele: energieautarke Landkreise und Gemeinden – Energie ausschließlich aus erneuerbaren Energieträgern

Diese und andere Beispiele zeigen: Die bayerischen Kommunen übernehmen Verantwortung. Einige Landkreise, darunter Ebersberg, Miesbach, Bad Tölz-Wolfratshausen und Fürstenfeldbruck, haben sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 energieautark zu werden, d. h. ihren Energiebedarf zukünftig vollständig mit erneuerbaren Energieträgern zu decken. Die Gemeinde Buttenwiesen will dies schon innerhalb weniger Jahre schaffen. Ihr ganzheitlicher Ansatz wurde im November 2007 im Rahmen des Wettbewerbs „Innovative Verwaltung“ als vorbildhaft gewürdigt. Geplant sind ein Zuschussprogramm für Solaranlagen, die Unterstützung von privaten Unternehmen beim Bau von Solarparks und Biogasanlagen sowie die Gründung der „Energiewerke Buttenwiesen“ zur Versorgung der Bürger mit Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien.

Klima-Bündnis: Verminderung des Kohlendioxid-Ausstoßes um zehn Prozent alle fünf Jahre angepeilt

☞ Informationen zum Klima-Bündnis (9)



CLIMATE ALLIANCE
KLIMA-BÜNDNIS
ALIANZA DEL CLIMA

Die 51 bayerischen Städte und Kommunen, die sich dem „Klima-Bündnis“ angeschlossen haben, wollen ihren CO₂-Ausstoß alle fünf Jahre um 10 % senken. Der wichtige Meilenstein einer Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen gegenüber 1990 soll bis spätestens 2030 erreicht werden. Langfristig streben die Klima-Bündnis-Partner eine Verminderung ihrer Treibhausgas-Emissionen auf ein Niveau von 2,5 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Einwohner und Jahr an. Das

europaweite Städtenetzwerk verbindet den Klimaschutz vor Ort zusätzlich mit einem Engagement für die Erhaltung der tropischen Wälder Amazoniens in Zusammenarbeit mit indigenen Völkern.

Kommunen können aber weit mehr sein als nur vorbildhafte Verbraucher. Sie haben es in der Hand, klimafreundliche Standards für Wohn- und Gewerbegebiete festzulegen und Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung zu ergreifen. Weichen für mehr Klimaschutz lassen sich unter anderem durch Tempolimits, optimierte Ampelschaltungen, Park-and-Ride-Systeme, den Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel oder des Radwegenetzes sowie durch sinnvolles Parkraummanagement stellen. In der Münchner Innenstadt beispielsweise gehörten endlose Fahrten auf der Suche nach einem Parkplatz lange zum Alltag. Allein im Stadtteil Schwabing sollen einer Studie aus dem Jahr 1997 zufolge dafür täglich rund 80.000 km zurückgelegt worden sein. Die Stadtverwaltung reagierte und führte ab 2001 Parklizenzen in einzelnen Stadtteilen ein. Anwohner mit Berechtigungsschein werden seither bevorzugt. Für Besucher wird der Parkraum knapp und teuer – ein Anreiz, öfter auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen.

Im Modellprojekt „Solare Nahwärme Ackermannbogen“ zeigt die Landeshauptstadt, wie sich Siedlungen klimafreundlich planen lassen. Großflächig auf den Dächern angebrachte Sonnenkollektoren erwärmen einen Wasserspeicher im Sommer auf etwa 90 Grad, dem bis in den Januar hinein Wärme entnommen werden kann.

Auch eine flächensparende Siedlungsentwicklung kann auf indirektem Wege zum Klimaschutz beitragen. Das „Bayerische Bündnis zum Flächensparen“, im Juli 2003 auf Anregung des Bayerischen Städtetages initiiert, will Wohnen im Ortskern statt auf der grünen Wiese attraktiv machen und sich für kurze Wege zwischen Wohn-, Arbeits- und Einkaufsorten einsetzen. Diese Maßnahmen helfen, unnötigen Verkehr zu vermeiden und damit den CO₂-Ausstoß zu verringern.

Kommunen können im Rahmen ihrer Funktion als Anbieter von Wärme und Strom einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Stadtwerke München setzen z. B. auf Kraft-Wärme-Kopplung. Wärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, wird dabei ins Fernwärmenetz der Stadt eingespeist. Mehrere kommunale Energieversorger bieten ihren Kunden mittlerweile Ökostrom aus regenerativen Energiequellen, darunter die Stadtwerke München, Erlangen, Schwabach und Hof.

Immer mehr Gemeinden setzen auf die Nutzung von Erdwärme. Gerade im südlichen Bayern herrschen gute Verhältnisse für die Nutzung von heißen Tiefenwässern. Geothermie-Anlagen sind bereits in Erding, Straubing, Unterschleißheim, München-Riem, Pullach, Sauerlach (ab 2009) und Simbach-Braunau im Betrieb. Die bisher deutschlandweit größte thermale Tiefenbohrung wurde von der Gemeinde Unterhaching realisiert. Aus über 3.300 m Tiefe sollen über 100 Liter heißes Thermalwasser pro Sekunde an die Oberfläche gefördert werden. Die Pilotanlage kann Fernwärme und Strom erzeugen. Um den unterirdischen Wasservorrat nicht auszubeuten, wird das abgekühlte Wasser wieder dorthin geleitet, wo es entnommen wurde. Die Gemeinde rechnet damit, durch die Anlage pro Jahr mehr als 30.000 Tonnen CO₂ einzusparen.

Schließlich stehen Kommunen auch in der Pflicht, ihre Bürger für den Klimaschutz zu gewinnen, sie fachlich zu beraten und finanzielle Anreize zu schaffen. Mit dem Projekt „BRUCKER LAND Sonnenland“ förderte der Landkreis Fürstentfeldbruck ab 1998 die Installation von über 600 Solaranlagen zur Warmwasserbereitung. Heute bietet der Landkreis eine kostenlose, halbstündige Energieberatung für alle Bürger im Rathaus an. Mit dem „Förderprogramm Energie-

Kommunale Weichen für mehr Klimaschutz: Tempolimits, Parkraummanagement, Förderung des öffentlichen Nahverkehrs ...

Kommunale Planung macht's möglich: die Entstehung neuer klimafreundlicher Stadtquartiere



Sonnenkollektoren im Modellprojekt Ackermannbogen in München

Stadtwerke setzen auf erneuerbare Energieträger.



Gemeinde Sauerlach: Standort für das geplante geothermische Kraftwerk der Stadtwerke München

Gemeinden als Berater und finanzielle Unterstützer ihrer Bürger im Klimaschutz

☞ Strategien für eine Halbierung der CO₂-Emissionen am Beispiel der Stadt München (10)

Der Bayerische Gemeindetag – aktiv bei der ersten Bayerischen Klimawoche:

☞ Bayerische Klimawoche (11)

Engagement der Kirchen: Der Klimawandel ist ein Problem globaler Gerechtigkeit, Klima- schutz ein sittliches Gebot.

☞ Stellungnahme des Rates der Evangelischen Kirche in Deutschland für Umweltfragen „Gefährdetes Klima“ (12)

☞ Position der deutschen Bischofskonferenz „Der Klimawandel: Brennpunkt globaler, intergenerationaler und ökologischer Gerechtigkeit“ (13)



Immanuel-Kirche in Ampfing: richtungsweisender Passivhausstandard

Katholische Bistümer und evangelische Landeskirche sind Partner in der Klima-Allianz.

einsparung“ hilft die Landeshauptstadt München seit 1989 ihren Bürgern, auf erneuerbare Energieträger umzusteigen.

Viele Kommunen setzen auf Bewusstseinsbildung mit dem Projekt „50:50“, so auch Passau. Dort sollte das Projekt „KlimaTisch-Schulen“ den Energieverbrauch an Schulen senken. Als Anreiz zum Mitmachen dürfen die Schulen dort sogar 75 % der eingesparten Energiekosten zur eigenen Verwendung behalten. Unterstützt wurden die Schüler durch Seminare, eine „Energiekiste“ mit Informationsmaterialien und Messgeräten. Das Konzept ging auf: Knapp ein Fünftel der Energie ließ sich allein durch bewusstes Verhalten einsparen.

Dieses Beispiel zeigt, dass es sich lohnt, mehr Interesse für den Klimaschutz zu wecken. Daher beteiligte sich der Bayerische Gemeindetag auch aktiv an der ersten Klimawoche in Bayern im Juni 2008. Bayernweit wurden Aktionen, Ausstellungen, Filmdarbietungen, Führungen, Besichtigungen, Wettbewerbe, Vorträge, Seminare und Fachtagungen zum Thema Klimaschutz durchgeführt.

Kirchen – Engagement zur Bewahrung der Schöpfung

Den Kirchen kommt beim Klimaschutz in zweifacher Hinsicht besondere Bedeutung zu. Sie sind zum einen die geistigen und ethischen Wegbereiter für ein erhöhtes Verantwortungsbewusstsein im Umgang mit Natur und Umwelt. Die Kirchen können die Menschen mit ihren Werten und moralischen Botschaften auf einer anderen Ebene erreichen als der Staat. Über ihre Bildungs- und Erziehungsarbeit unter anderem in kirchlichen Bildungseinrichtungen, im Religionsunterricht an Schulen und in Kindergärten erreichen sie ein breites Spektrum gesellschaftlicher Schichten. Zum anderen können die Kirchen selbst einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Neben dem Ziel der Bewahrung der Schöpfung betonen die Kirchen den sozialen Aspekt der Klimaveränderung. Sie betrachten den Klimawandel auch als Problem der globalen Gerechtigkeit und regen dazu an, Verantwortung insbesondere für die Schwächsten und Ärmsten auf der Welt zu übernehmen. Denn diese werden deutlich weniger Möglichkeiten haben, sich effektiv vor den nachteiligen Folgen wie z. B. dem Anstieg des Meeresspiegels zu schützen.

Kirchen unterhalten darüber hinaus Wirtschaftsbetriebe, die mit großer Vorbildwirkung für Millionen Gläubige und die Öffentlichkeit praktische Ansätze zur Minderung der CO₂-Emissionen verfolgen können. Sie verfügen mit ihren Kirchen, Tagungshäusern, Kindergärten, Krankenhäusern und Pflegeheimen über einen umfangreichen Gebäudebestand. So besitzt die evangelische Kirche in Bayern rund 5.500 Objekte.

Die sieben katholischen Bistümer und die Evangelisch-Lutherische Kirche in Bayern sind in Anbetracht dieser Verantwortung im Jahr 2007 der Bayerischen Klima-Allianz beigetreten.

Etwa 45 evangelische und katholische Kirchengemeinden in Bayern nehmen derzeit am „Projekt Sparflamme“ teil, einem Pilotvorhaben zum Energiemanagement in Kirchengemeinden. Das Projekt wurde von der Evangelisch-Lutherischen Kirche in Bayern entwickelt. Die beteiligten Gemeinden lassen Energiebeauftragte schulen und starten Initiativen zur höheren Effizienz der Energienutzung in den kirchlichen Liegenschaften.

Für die Zukunft sehen die Kirchen jedoch noch weiteren Handlungsbedarf. In Ampfing wurde beispielsweise 2008 die neue Immanuel-Kirche im richtungsweisenden Passivhausstandard fertiggestellt, die bei Mehrkosten von 10 bis 15 % fast ohne Heizaufwand auch im Winter behagliches Raumklima bietet. Vorreiter

sind zum Teil auch die Klöster. Im Kloster Plankstetten im Landkreis Neumarkt wird ein großes Biomassekraftwerk betrieben, und im Kloster Benediktbeuern versorgt die Energiezentrale – basierend auf einem regenerativen Energiemix aus Biomasse, Sonnenenergie und Wasserkraft – rund 600 Personen im Kloster mit Energie und stellt zusätzlich für etwa 70.000 Gästeübernachtungen Strom und Wärme bereit.

Oftmals sind die Grenzen des Machbaren vor allem bei investiven Maßnahmen durch die in den letzten Jahren stark geschrumpfte Finanzkraft der Kirchen und Gemeinden schnell erreicht. Insbesondere in kleinen Kirchengemeinden verschärfen sich die Probleme der Gebäudelast. Aber die Kirchen sind sich bewusst: Je länger sie mit energiesparenden Maßnahmen warten, desto stärker wird ein hoher Energieverbrauch sie später finanziell treffen. Der Freistaat unterstützt deshalb kirchliches Engagement durch die Ausdehnung des CO₂-Minderungsprogramms auf kirchliche Liegenschaften.

Neben der Gebäudesanierung und der Nutzung erneuerbarer Energieträger ermittelte die katholische Deutsche Bischofskonferenz 2006 noch viele weitere, bislang ungenutzte Potenziale für die Kirchen. Klimabewusster Einkauf, nachhaltiges Mobilitätsverhalten und Klimaschutz bei kirchlichen Großveranstaltungen sind nur einige der möglichen Handlungsfelder.

Klimaschutz – jeder von uns in der Verantwortung

Wenn der Klimawandel aufgehalten werden soll, muss jeder Einzelne von uns in seinem ganz persönlichen Lebensumfeld zur Klimawende beitragen. Wir alle sind durch unsere täglichen Kauf- und Konsumententscheidungen für die Klimafolgen der Herstellung, des Transports und des Gebrauchs von Gütern sowie der Erbringung von Dienstleistungen verantwortlich. Über eine zielgerichtete Nachfrage haben wir eine gute Möglichkeit, das Marktgeschehen hin zu mehr Klimaschutz zu beeinflussen. Dies beginnt beim Kauf von Lebensmitteln und anderen Gütern des täglichen Bedarfs, betrifft die Anschaffung von Haushaltsgeräten genauso wie den gesamten Sektor des Bauens und Wohnens und endet bei unserem Mobilitätsverhalten und damit, wie wir unsere Freizeit und unseren Urlaub verbringen.

Soll Klimaschutz nicht nur dem guten Gewissen dienen, sondern auch gut für den eigenen Geldbeutel sein, ist Stromsparen angesagt. Allein der Wechsel zu energieeffizienten Leuchtstofflampen senkt den Stromverbrauch für Beleuchtung drastisch: Bei vergleichbarer Leistung verbraucht eine Energiesparlampe 80 % weniger Strom und hält 15-mal so lange wie eine Glühbirne. Dies macht den höheren Kaufpreis mehr als wett. Betrachtet man Anschaffungs- und Verbrauchskosten über einen Zeitraum von 15 Jahren, so senkt z. B. eine Energiesparlampe nach dem neuesten Stand der Technik im Laufe ihres Lebens den Stromverbrauch um insgesamt tausend Kilowattstunden. Klimaschützer freuen sich über eine halbe Tonne CO₂ weniger in der Atmosphäre, Familien über 170 Euro mehr in der Haushaltskasse. Auch wenn die Nachfrage nach Energiesparlampen stetig steigt, ist das Potenzial noch lange nicht ausgeschöpft.

Auch der Stand-by-Betrieb von Fernsehgeräten oder Computern verbraucht unnötig Strom. Bei einer durchschnittlichen Familie betragen die jährlichen Kosten von Stand-by-Betrieben etwa 100 Euro. Dabei genügt es, ganz einfach den Stecker zu ziehen oder abschaltbare Steckerleisten zu verwenden.

Energieeffiziente Haushaltsgeräte wie Kühlschränke, Geschirrspüler oder Waschmaschinen sind mittlerweile mit einem EU-Label gekennzeichnet. Anhand der Einteilung in sieben Effizienzklassen („A“ steht für besonders energiesparende Geräte) können Verbraucher schon beim Kauf über ihren Beitrag zum

Großer kirchlicher Gebäudebestand zwingt zum Handeln.

CO₂-Minderungsprogramm auch für kirchliche Einrichtungen

Mit einer klimabewussten Lebensweise heute die Zukunft künftiger Generationen sichern: Machen Sie mit beim Klimaschutz!

Aktivieren Sie Ihre Einsparpotenziale und holen Sie sich Anregungen!

☞ „WWWegweiser Klimaschutz“, eine Linksammlung für den klimabewussten Verbraucher (14)



☞ Tagesaktuelle Liste mit verbrauchsarmen Geräten des Energielabels Deutschland (15)



Gute Wärmedämmung ist die Basis wirtschaftlicher und zukunftsfähiger Gebäude.

→ Klimaschutz zuhause – CO₂-Einsparung durch regenerative Energien und moderne Haustechnik (16)

→ Tipps des Bayerischen Staatsministeriums des Innern für die energetische Sanierung von Eigenheimen (17)

Niedrig-Energie- und Passivhäuser ermöglichen geringeren Verbrauch bei höchstem Wohnkomfort.

Heizen ist eigentlich nichts anderes als das ständige Kompensieren von Baumängeln.

→ ModernuS – Sanierungsspiel „Modernisieren und Sparen“ (18)

Abb. 29: Spezifischer Endenergieverbrauch und technisch mögliche Einsparpotenziale im Wohnungsbau

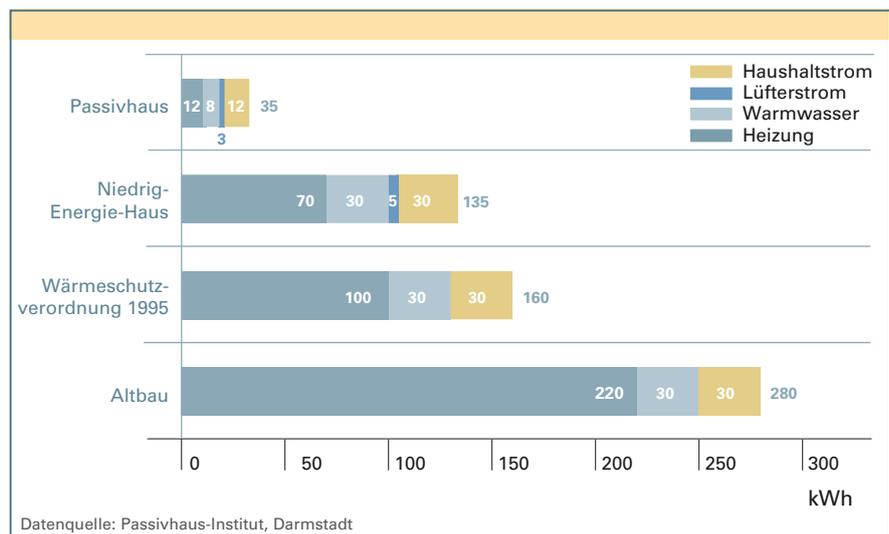
Klimaschutz bzw. die Höhe ihrer künftigen Betriebskosten entscheiden. Ein hocheffizienter Kühlschrank (A++) ist um rund 50 Euro teurer als ein nicht so effizientes Gerät, spart aber im Jahr 11 Euro ein.

Besonders attraktiv und dennoch kaum beachtet sind die Einsparmöglichkeiten bei Heizungsumwälzpumpen. Sie sind oft der größte einzelne Stromverbraucher im Haushalt. Verwendet man beim Austausch oder der Neuinstallation moderne Hocheffizienzpumpen, lassen sich oft mehr als 100 Euro im Jahr an Stromkosten einsparen.

Etwas aufwändiger, dafür langfristig aber umso effektiver ist die energetische Sanierung des Eigenheims. In privaten Haushalten fließen 85 % der eingesetzten Energie in Raumheizung und Warmwasserbereitung. Allein durch die Raumheizung wurden in Bayern im Jahr 2003 rund 21,9 Millionen Tonnen CO₂ emittiert, was rund ein Viertel der gesamten CO₂-Emissionen ausmacht. Würden die hohen Wärmeverluste an den Wohngebäuden durch gute Dämmung vermieden, könnten allein in Bayern jährlich über 14 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden. Hierfür wären zwar Investitionen in Höhe von etwa 113 Milliarden Euro notwendig. In der Regel amortisieren sich die Kosten für Gebäudesanierungen durch die eingesparte Energie aber innerhalb von 10 bis 20 Jahren.

Zusätzlich zur Kostenentlastung durch die Energieeinsparung gewährt die KfW Förderbank mit ihrem „CO₂-Gebäudesanierungsprogramm“ bzw. dem Programm „Ökologisch Bauen“ günstige Kredite für Sanierungsvorhaben. Wird durch die Sanierung das Neubau-Niveau nach der Energieeinsparverordnung (2002) erreicht oder sogar unterschritten, stehen zusätzlich Zuschüsse in Höhe von 10 % der förderfähigen Investitionskosten, maximal jedoch 5.000 Euro pro Haushalt zur Verfügung. Wichtig für eine vollwertige Gebäudesanierung ist neben dem Fensteraustausch, durch den ein Gebäude luftdichter wird, immer auch die Fassadendämmung und möglichst der Einbau einer Lüftungsanlage, um Probleme wie Schimmelbildung oder die Anreicherung von Feuchtigkeit zu verhindern.

Die technischen Einsparpotenziale im Wohnungsbau sind immens. Während Altbauten mehr als 200 Kilowattstunden (rund 20 Liter Heizöl) Heizwärmebedarf pro Quadratmeter und Jahr haben, liegt dieser im heutigen Bestand bei etwa 150 Kilowattstunden. Als Stand der Technik bei sanierten Wohngebäuden gilt inzwischen das 3-Liter Haus (30 kWh), bei Neubauten der Passivhausstandard mit nur maximal 15 kWh. Das ist ein Zehntel des heutigen Durchschnittsbedarfs.



Der so genannte „Energieausweis“ gibt Auskunft über die Energieeffizienz eines Gebäudes. Seine Bedeutung als Instrument am Immobilienmarkt steigt, zeigt er doch potenziellen Mietern oder Käufern, mit welchen Energiekosten sie zu rechnen haben. Für Neubauten muss der Ausweis bereits seit 2002 ausgestellt werden. Für Altbauten ist er erst ab Juli 2008 Pflicht. Dies gilt allerdings nur für den Fall einer Sanierung des gesamten Gebäudes oder für den Verkauf bzw. die Vermietung einzelner Wohnungen auf Nachfrage des Käufers bzw. Mieters. Der Zustand des jeweiligen Hauses wird dabei von einem Energieberater festgestellt und auf einer Energieeffizienzskaala eingetragen.

Über die Wärmedämmung und das Stromsparen hinaus ermöglicht die Nutzung regenerativer Energieträger zur Wärme- und Stromerzeugung einen weiteren Schritt zur Senkung der CO₂-Emissionen. An erster Stelle steht hier in Bayern die Biomasse. Stückholz und Holzpellets haben in den letzten Jahren stark an Attraktivität gewonnen.

Eine krisensichere und praktisch überall und zu jeder Zeit zur Verfügung stehende Energiequelle ist die oberflächennahe Erdwärme. Die mittlere Temperatur der oberen Bodenschicht beträgt in Bayern zwar nur etwa 10 Grad. Mit Hilfe von elektrisch betriebenen Wärmepumpen kann die Erdwärme durch Verdampfung und Verdichtung eines Trägermittels jedoch so weit angehoben werden, dass sich ein Haus beheizen lässt. In vielen Gegenden lässt sich auch Grundwasser als Wärmequelle nutzen, das ganzjährig eine annähernd konstante Temperatur hat. Bei Bürogebäuden kann Grundwasser z. B. oft auch zur Kühlung im Sommer verwendet werden. Im Vergleich zu fossilen Brennstoffen lässt sich der CO₂-Ausstoß damit um bis zu 80 % senken.

Der schwierigste Schritt auf dem Weg zu mehr Klimaschutz sind Änderungen eingefahrener und lieb gewonnener Verhaltensmuster im täglichen Leben. Was kaufen wir ein, wie häufig benutzen wir das Auto, wie weite Pendelentfernungen zur Arbeit akzeptieren wir, wie häufig setzen wir uns für Kurzurlaube in ein Flugzeug und wie oft benutzen wir den Wäschetrockner, obwohl hier drei- bis viermal so viel Strom verbraucht wird wie beim Waschen?

Berechnungen zufolge liegt in Deutschland der Anteil der Ernährung an den Treibhausgas-Emissionen, einschließlich Erzeugung, Verarbeitung, Transporte bis zum Verkaufsort, Lagerung und Zubereitung im Haushalt sowie Einkaufsfahrten zwischen 16 und 20 %. Damit kommt dem Bereich Ernährung in der Klimadiskussion eine ähnliche Bedeutung zu wie den Bereichen Verkehr oder Wohnen. Die Treibhausgas-Emissionen, die bei Erzeugung und Verarbeitung entstehen, sind je nach Lebensmittel unterschiedlich. Betrachtet man die Klimabilanz pro Kilogramm des jeweiligen Lebensmittels, sind die Emissionen für Butter, Rindfleisch, Käse und Sahne besonders hoch. Sehr günstig ist dagegen die Klimabilanz von frischem Gemüse.

Auch die Saisonalität von Produkten ist klimarelevant. So bestehen große Unterschiede zwischen Obst und Gemüse, das frisch verkauft wird, und Produkten, die außerhalb der Saison und in Gewächshäusern angebaut wurden. Die Emissionen für die Produktion eines Kopfsalats im beheizten Gewächshaus sind mehr als 30-mal so hoch wie die von Freiland-Kopfsalat.

Der Transport von Lebensmitteln macht zwar durchschnittlich nur einen Anteil von 3 % an den Gesamtemissionen des Bereichs Ernährung aus. Bei einzelnen Produkten kann er aber durchaus einen sehr großen Anteil an der Klimabilanz haben, insbesondere wenn das Produkt mit dem Flugzeug befördert wurde. So sind beispielsweise die Treibhausgas-Emissionen für Trauben, die mit dem Flugzeug aus Chile geliefert werden, fast 1.000-mal höher als für Trauben aus der

Der Energieausweis – wichtig für Mieter!

☞ Fragen und Antworten zum Energieausweis (19)

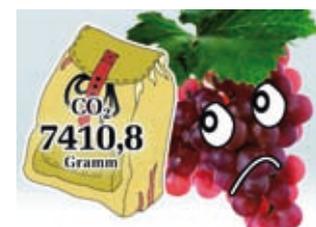


Erneuerbare Energieträger – zusammen mit steigender Energieeffizienz der Weg zur Minimierung des Kohlendioxid-Ausstoßes

☞ Informationen zu Nutzung von Erdwärme (20)

Anteil der Ernährung an den Treibhausgas-Emissionen 16 bis 20 %

Regionale Produkte bevorzugen:
„CO₂-Rucksack“ von 1 kg Trauben aus Chile: 7.400 Gramm
„CO₂-Rucksack“ von 1 kg heimischen Trauben: ca. 9 Gramm



Hohe Kohlendioxid-Belastung bei Flugtransporten von Lebensmitteln (Datenquelle: Agrarmarkt Austria, Wien)

**Chiemsee statt Kanaren? –
Schauen Sie bei der Reiseplanung
nicht nur auf die Wettervorher-
sage, denken Sie ans Klima!**

→ Luftverkehrsstudie 2007: „Im Steig-
flug in die Klimakatastrophe?“ (21)



Abb. 30: Kohlendioxid-Emissionen im
Vergleich

**Luftverkehr wird in fünf Jahren
die Klimalast des Pkw-Verkehrs in
Deutschland übertreffen.**

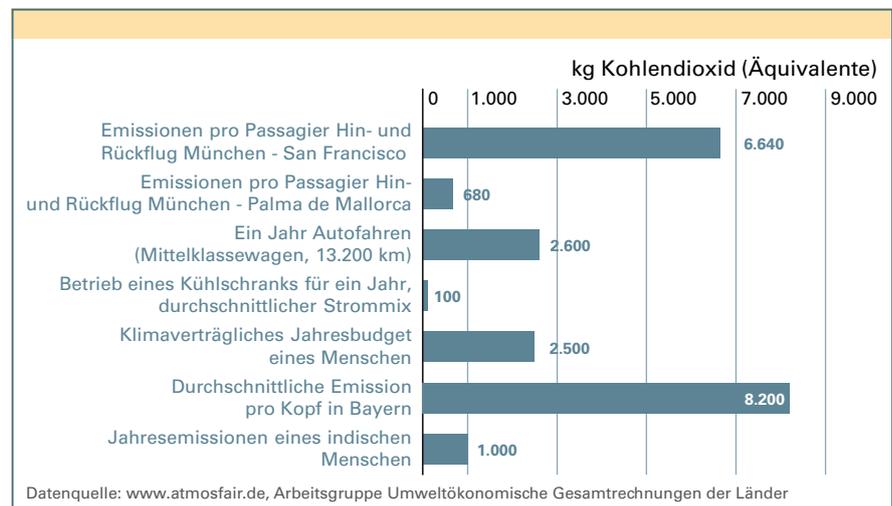
**Pendler haben eine schlechte
Kohlendioxid-Bilanz – rücken Sie
Ihrem Arbeitgeber auf die Pelle!**

→ CO₂-Rechner des LfU (22)

**Klimafreundliche und bezahl-
bare Energie – eine große
Herausforderung!**

Region. Erdbeeren, die als Flugware aus Südafrika nach Deutschland geliefert werden, haben einen etwa 200-mal schwereren „CO₂-Rucksack“ als heimische Früchte. Ihr „CO₂-Rucksack“ wiegt immer noch 50-mal mehr als der von Erdbeeren, die per LKW aus Italien nach Süddeutschland transportiert werden.

Das liebste Urlaubsland der Deutschen ist zwar immer noch Deutschland, und Bayern ist im inländischen Wettbewerb nach wie vor Spitzenreiter. Aber der Inlandsurlaub verliert immer weiter an Attraktivität und Marktanteilen. Für die inländischen Ferienregionen wird es immer schwieriger, sich gegen die ausländische Konkurrenz und ihre Faszination von Wärme und Ferne zu behaupten. Der winterliche Pauschalurlaub in der Karibik kann inzwischen ohne Probleme finanziell mit dem Skiurlaub in den Bayerischen Alpen konkurrieren. Da tritt der Gedanke ans Klima häufig in den Hintergrund. Allein mit einem Flug auf die Urlaubsinsel Mallorca zehrt der Reisende aber bereits mehr als ein Viertel seines klimaverträglichen Jahresbudgets an Treibhausgas-Emissionen auf.



Insgesamt wurden im Jahr 2005 fast eine halbe Millionen Flugbewegungen und über 32 Millionen Fluggäste an den Flughäfen München und Nürnberg gezählt. Gegenüber 1996 nahmen die Flugbewegungen um über 50 % zu. Der Flughafen München soll in den kommenden Jahren weiter stark ausgebaut werden.

Aber nicht nur Flugreisen belasten das Klima. Auch die tägliche Fahrt zur Arbeit wirkt sich negativ auf die private Klimabilanz aus. Ist Ihr Arbeitsplatz beispielsweise 30 km von ihrem Wohnort entfernt und legen Sie diese Strecke an rund 220 Tagen im Jahr mit einem Mittelklassewagen (Verbrauch 7 Liter Dieseltreibstoff / 100 km) zurück, dann erzeugen Sie damit pro Jahr mehr als 2,6 Tonnen CO₂. Damit emittieren Sie allein aufgrund Ihres Pendlerverhaltens etwas mehr klimaschädliche Gase, als von Klimawissenschaftlern als insgesamt gerade noch verträglich angesehen wird.

Energieversorgung in Bayern – Vorfahrt für CO₂-arme und erneuerbare Energieträger

Die Sicherung einer klimafreundlichen und bezahlbaren Energieversorgung für Bürger und Unternehmen ist eine der großen Herausforderungen auf allen politischen Ebenen in Europa, Deutschland und Bayern.

Der bayerische Energiemix aus fossilen, nuklearen und erneuerbaren Energieträgern ist entscheidend für die Klimafreundlichkeit unserer Versorgung mit Strom und Wärme. Bei der Stromproduktion aus fossilen Energieträgern werden

große Mengen Kohlendioxid emittiert. Im Durchschnitt sind dies für jede Kilowattstunde Strom aus Braunkohle 1300, bei Heizöl 800 und bei Erdgas 400 Gramm CO₂. Regenerative Energieträger wie die Photovoltaik mit 100, die Wasserkraft mit 40 und die Windkraft mit 25 Gramm CO₂ je Kilowattstunde Strom schneiden hier deutlich besser ab. Die Kernkraft liegt bei einer Gesamtemission (Kernbrennstoffkreislauf, Bau und Rückbau eines Kernkraftwerks) zwischen 5 und 33 Gramm CO₂ je Kilowattstunde Strom.

In Bayern werden – dank Kernenergie und Wasserkraft – nur knapp 20 % des Stroms in fossil befeuerten Kraftwerken erzeugt. Mit durchschnittlich etwa 110 Gramm CO₂ je Kilowattstunde Strom nimmt Bayern damit in Deutschland (ca. 580 Gramm CO₂ je Kilowattstunde Strom) und Europa (EU25, im Durchschnitt ca. 470 Gramm CO₂ je Kilowattstunde Strom) bei der klimafreundlichen Stromerzeugung schon heute eine Spitzenposition ein.



Das Laufkraftwerk Jochenstein an der Donau

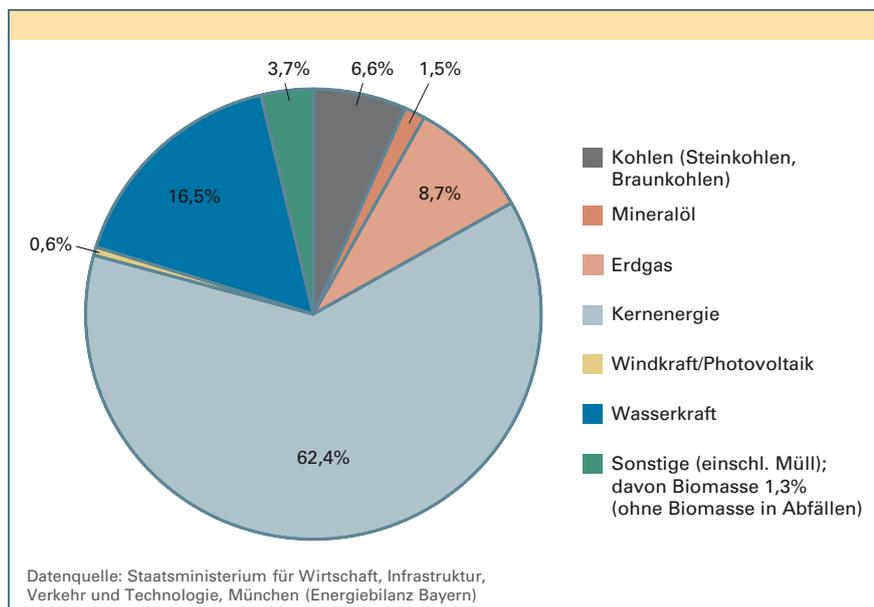


Abb. 31: Bruttostromerzeugung nach Energieträgern in Bayern im Jahr 2004

Die Staatsregierung setzt sich zur Erreichung der ehrgeizigen Ziele im Klimaprogramm Bayern 2020 neben dem verstärkten Einsatz regenerativer Energien dafür ein, dass die Laufzeiten der fünf bayerischen Kernkraftwerke verlängert werden, da fast zwei Drittel der bayerischen Stromerzeugung aus der klimaschonenden Kernenergie stammen. Durch eine Laufzeitverlängerung könnte Zeit gewonnen werden, die energietechnische Forschung und Entwicklung und den Ausbau der erneuerbaren Energien hinsichtlich Effizienz und Wirtschaftlichkeit voranzutreiben. Aus Klimaschutzpolitischer Sicht ist es vorteilhaft, die Stromerzeugung aus Kernkraft möglichst nur durch CO₂-freie Energieträger wie erneuerbare Energien zu ersetzen.

Auch massive Anstrengungen bei Energieeinsparung und -effizienz und beim Ausbau erneuerbarer Energien würden auf absehbare Zeit nicht ausreichen, um die bei einem Kernenergieausstieg entstehende Versorgungslücke klimaneutral zu schließen. Ein Teil des Verlustes an Stromerzeugungskapazitäten müsste dann durch neue Kraftwerke, die einen vielfach höheren CO₂-Ausstoß als die Kernenergie haben, und teilweise durch Stromimporte, die weitgehend nicht aus erneuerbaren Energiequellen stammen, kompensiert werden.

Bleibe es bei den im Atomgesetz derzeit festgelegten maximalen Stromproduktionsmengen, müsste in Bayern im Juli 2011 das erste Kernkraftwerk (Isar 1) vom Netz gehen und im Jahr 2020 das letzte Kernkraftwerk (Isar 2) den Betrieb einstellen. Dadurch würde das bayerische Klimaschutzziel, die energiebedingten

Klimaprogramm Bayern 2020: Brückenfunktion der Kernenergie

Die wichtigsten Energiequellen:
Energie sparen, Energieeffizienz
steigern

Energieverbrauchsgrößen

Der Verbrauch von Energie in noch nicht technisch aufbereiteter Form (z. B. Rohöl, Kohle, Biomasse etc.) heißt Primärenergieverbrauch. Der Endenergieverbrauch errechnet sich aus der Primärenergieerzeugung abzüglich der Umwandlungsverluste, z. B. bei der Stromerzeugung, und ist daher um etwa ein Drittel niedriger.

Biomasse und Wasserkraft
machen in Bayern über 95% der
Erneuerbaren aus.

Steigerungen insbesondere bei
Geothermie, Biomasse, Wind- und
Solarenergie möglich

Bayerns Anteil erneuerbarer
Energien am Primärenergiever-
brauch ist einer der höchsten aller
Bundesländer.

Abb. 32: Erneuerbare Energien – Anteil
am Primärenergieverbrauch im Vergleich
der Länder im Jahr 2004

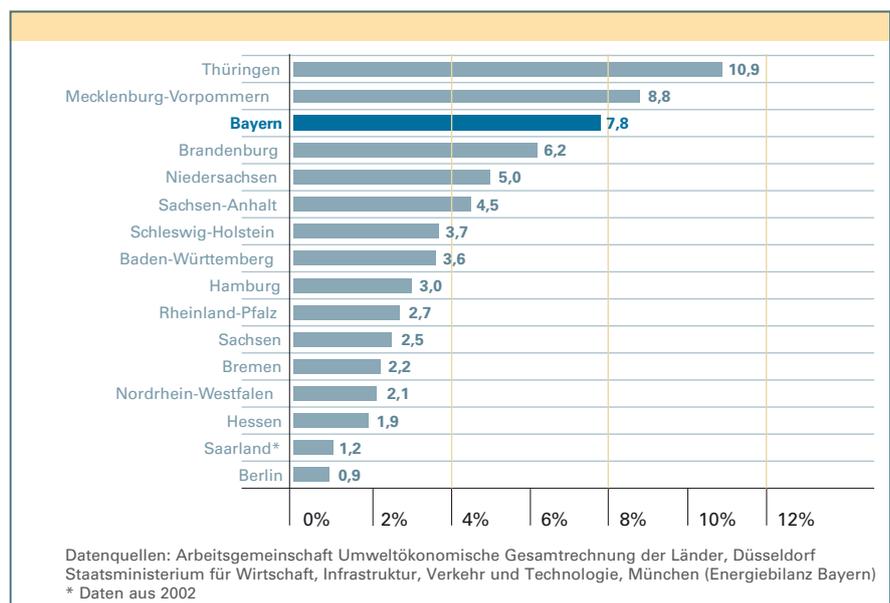
CO₂-Emissionen pro Einwohner und Jahr bis 2020 auf deutlich unter 6 Tonnen zu senken, nicht erreichbar.

Jeder fünfte Liter Öl und jede fünfte Kilowattstunde könnten nach Berechnungen der EU-Kommission bis 2020 eingespart werden. Damit sind das Energiesparen und die Steigerung der Energieeffizienz die wichtigsten Energiequellen überhaupt. Die → *Energieproduktivität* liegt in Bayern zwar heute schon ein Viertel über dem bundesdeutschen Durchschnitt. Dennoch hat sich Bayern im Klimaprogramm 2020 das ehrgeizige Ziel gesetzt, die Energieproduktivität bis 2020 noch um 30% zu steigern.

Bereits bisher enthielt das bayerische Klimaprogramm das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien am → *Primärenergieverbrauch* bis 2020 auf 16% zu steigern. Dieser Anteil hat in Bayern von 3,5 % im Jahr 1990 auf 7,8 % im Jahr 2004 stetig zugenommen und ist einer der höchsten aller Bundesländer. Da die EU ihr Ziel hierzu in Bezug auf den → *Endenergieverbrauch* festlegt, wurde auch das bayerische Ziel darauf angepasst. Der neue bayerische Zielwert für den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch bis 2020 liegt nun entsprechen höher bei 20%. Damit übertrifft Bayern die Vorgabe von 18%, die die EU-Kommission für Deutschland vorschlägt. Hierbei setzt der Freistaat verstärkt auf die bayerischen Trumpfkarten Wasserkraft, Biomasse, Sonnenenergie und Geothermie, die mit zusätzlichen finanziellen Mitteln im Klimaprogramm Bayern 2020 gefördert werden.

Der hohe Anteil erneuerbarer Energien am aktuellen Energiemix in Bayern beruht vor allem auf der traditionellen Nutzung der Wasserkraft und dem zunehmenden Einsatz von Biomasse. Die verschiedenen Energieträger haben dabei folgende Anteile: Wasserkraft 28,8 %, Biomasse 67,2 % sowie Sonnenenergie, Windkraft, Geothermie und Umweltwärme 4,0 %.

Studien zufolge kann die Wasserkraft in Bayern durch den Bau neuer oder die Erweiterung bestehender Anlagen sowie durch Wirkungsgradverbesserung maximal noch um 10 % gesteigert werden. Dieses Potenzial kann jedoch nur unter Berücksichtigung der Belange von Wasserwirtschaft und Naturschutz genutzt werden. Dagegen sind bei Geothermie, Biomasse sowie Wind- und Solarenergie noch deutliche Zuwächse möglich.



Kein anderes Bundesland setzt so viel Biomasse zur Energieerzeugung ein wie Bayern. Von geschätzten 2,1 % in 1990 stieg der Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch auf 5,2 % in 2004. Bis zum Jahr 2020 wird eine Erhöhung auf 8 % angestrebt. Die Geothermie soll bis zu diesem Zeitpunkt jeweils 1 bis 2 % sowohl zur Stromerzeugung als auch zur Wärmeversorgung beitragen.

Biodiesel deckte 2004 in Deutschland bereits 4 % des Dieseldesgesamtverbrauchs, EU-weit sind 5,75 % bis 2010 als Ziel gesetzt. In Bayern gab es 2006 etwa 400 Tankstellen mit biogenen Treibstoffen, eine Produktionskapazität für rund 290.000 und einen Absatz von 380.000 Tonnen Biodiesel. Agraralkohol spielt in Bayern nach wie vor eine untergeordnete Rolle.

Mit dem „Erneuerbare-Energien-Gesetz“ sind für ganz Deutschland Grundsätze zur Förderung der Nutzung regenerativer Energien festgesetzt worden. Eine zielorientierte Fortführung und Weiterentwicklung der staatlichen Förderprogramme kann den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien unterstützen.

Der Einsatz erneuerbarer Energieträger leistet unbestreitbar einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung bei gleichzeitiger Schonung der natürlichen Ressourcen. Allerdings können auch diese Energiequellen Luftschadstoffe, Treibhausgase und andere Umweltbelastungen wie z. B. Lärm verursachen. Die Wasserkraftnutzung kann die natürliche Dynamik von Gewässern beeinträchtigen. Windenergieanlagen werden häufig als störend für das Landschaftsbild empfunden. Die Biomasse ist nicht erst seit dem Bekanntwerden großflächiger Rodungen von Wäldern zur Palmöl- und Sojaproduktion in Entwicklungsländern in die Diskussion geraten. Deutschland möchte für die Biomasseproduktion Naturschutzstandards entwickeln, welche die Auswirkungen auf alle Umweltbereiche wie Böden, Grundwasser und Artenvielfalt berücksichtigen.

Bei der Verbrennung von Biomasse wird nur die Menge an Kohlendioxid freigesetzt, die von den Pflanzen beim Wachstum aus der Atmosphäre aufgenommen wird. Dennoch ist die energetische Nutzung von Biomasse nicht vollständig klimaneutral, da auch bei der Produktion und Weiterverarbeitung energiebedingte CO₂-Emissionen entstehen. Mit der im Jahr 2003 in Bayern aus Biomasse produzierten Energiemenge (88.692 → Terajoule) konnten CO₂-Emissionen in Höhe von rund 6 Millionen Tonnen eingespart werden.

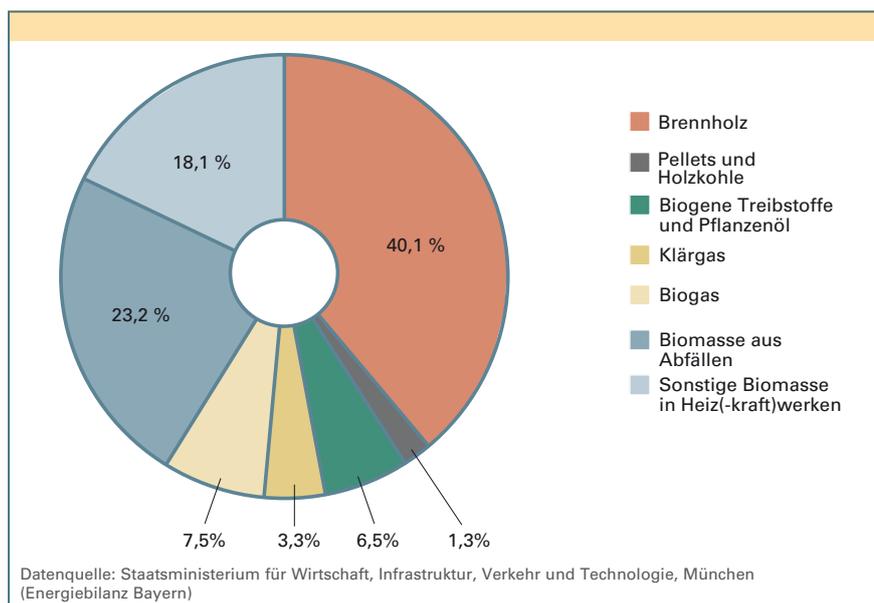
Bayern – führend im Einsatz von Biomasse

☐ → Informationen zur Förderung erneuerbarer Energien: Förderfibel Umweltschutz (5)

Auch erneuerbare Energien sind nicht vollständig frei von Umweltbelastung.



Biodiesel – nicht uneingeschränkt grün



Feste Biomasse wie Brennholz hat höchsten Anteil an der gesamten Biomasseproduktion.

Abb. 33: Anteile verschiedener Biomassen am gesamten Biomasseeinsatz in Bayern im Jahr 2003



Erneuerbare Energien – Technologieentwicklung als Jobmotor in Bayern

Energiesparmaßnahmen für Betriebsabläufe und Nutzung erneuerbarer Energien

☞ Klima schützen – Kosten senken. Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe (23)

☞ Infozentrum „UmweltWirtschaft“ – Ihr Internetportal für betrieblichen Umweltschutz in Bayern (24)

☞ Wir handeln. Gute Beispiele aus der betrieblichen Praxis zum Anregen und Nachahmen (25)

Klimaschutz – lukrativ für die Wirtschaft

Um den Klimaschutz voranzubringen, setzt die Bayerische Staatsregierung auf marktwirtschaftliche Anreize. Schon heute sind regenerative Energien und Umwelttechnologien ein Job-Motor: Der Bereich „Erneuerbare Energien“ sichert deutschlandweit heute rund 214.000 Arbeitsplätze, in Bayern mit Schwerpunkt im Dreieck Nürnberg – München – Augsburg. Die energetische Sanierung von Gebäuden und die Schaffung energieeffizienter Neubauten bringen Aufträge für das heimische Handwerk. Dem Klimawandel zu begegnen ist also nicht nur Herausforderung, sondern auch eine Chance für den Technologiestandort Bayern.

Bayerische Unternehmen sind führend im Bereich der Umwelttechnik. Anreize für Investitionen eröffnen zusätzliche Wachstumschancen und schaffen neue Arbeitsplätze. Das „Klimaprogramm Bayern 2020“ fördert insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen. Sie sollen ihre Marktposition als Vorreiter im Klimaschutz ausbauen. Der geplante Forschungsverbund „Energieeffiziente Technologien und Anwendungen (BayFORETA)“ ermöglicht es Unternehmen, in enger Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern energieeffiziente Lösungen zu entwickeln und in ihren Betrieben zu erproben. Gefördert werden innovative Projekte insbesondere in den Bereichen Analysewerkzeuge für Energieströme, Systeme zur Kraft-Wärme-Kopplung, mobile und saisonale Wärmespeicher oder energiegekoppelte Gewerbeparks. Denn viele Betriebe könnten die Energie weitaus effizienter nutzen, als sie es bisher tun. Am Anfang aller Bemühungen sollte stets die Analyse des aktuellen Energieverbrauchs stehen.

Die Liste der Möglichkeiten ist lang: Zwei Drittel des Stromverbrauchs in der Industrie entfallen beispielsweise auf Elektromotoren wie etwa in Pumpen und Ventilatoren. Mehr als 15 % dieses Stromverbrauchs – und damit jährlich etwa 15,7 Millionen Tonnen CO₂ – könnten durch effizientere Antriebstechniken eingespart werden .

Betriebe, die mit Druckluft arbeiten, sind durch regelmäßige Wartung und technische Optimierung in der Lage, ein Drittel der eingesetzten Energie zu sparen. Abwärme aus Betriebsprozessen lässt sich für die Gebäudeheizung nutzen. Effiziente Beleuchtungssysteme bergen ein enormes Einsparpotenzial. Auch der optimierte Ablauf von Prozessen sowie die Einführung von Energiemanagementsystemen senken den CO₂-Ausstoß. Viele Firmen haben davon profitiert, „Energie-Teams“ mit Kollegen aus unterschiedlichen Abteilungen zu bilden. Gewinnen Sie also Ihre Mitarbeiter für ein gemeinsames Engagement im Klimaschutz.

Schließlich ist auch entscheidend, woher Betriebe ihre Energie beziehen. Erneuerbare Energieträger und Kraft-Wärme-Kopplung sind fossilen Energieträgern vorzuziehen. Zum Einsatz solch anfänglich kostenintensiver Technologien kann das „Contracting“ genutzt werden, mit dem Investitionen im Laufe einer Vertragszeit von mehreren Jahren durch die Einsparung von Energiekosten refinanziert werden. Häufig spricht jedoch die Notwendigkeit der Industrie, flexibel auf den Markt zu reagieren, gegen langfristige Verträge. Um vorhandene Einsparpotenziale abschätzen zu können, sind zudem detaillierte und zeitaufwändige Voranalysen erforderlich. Firmen nutzen das Contracting daher weitaus weniger als beispielsweise Kommunen. Förderinitiativen wie das „Bayerische Klimaschutzkreditprogramm für kleine und mittelständische Unternehmen“ sollen hier den Einstieg in einen betrieblichen Klimaschutz voranbringen.

Viele Betriebe in Bayern sind längst aktiv. Eine Zusammenstellung des Landesamts für Umwelt zu guten Beispielen aus der betrieblichen Praxis zeigt, dass Energieeffizienz zum Teil mit einfachen Mitteln erreicht werden kann. So hat beispielsweise die Telekom ein Ökofahrtraining für ihre Mitarbeiter durchgeführt;

das Versandhaus Baur etablierte aufgrund seines steigenden Energieverbrauchs ein Energiemanagementsystem und spart nun allein durch den Austausch der Heizungspumpen und den Ausbau überflüssiger Leuchten knapp 50 Tonnen CO₂ ein. Die Messe Gesellschaft München setzt eine Software ein, um den Betrieb unterschiedlicher Transformatoren optimal aufeinander abzustimmen und dem häufig stark schwankenden Strombedarf während des Ausstellungsbetriebs anzupassen. 370 Tonnen CO₂ können so jedes Jahr vermieden werden. Die Firma Osram bietet eine kostenlose Software an, mit der Unternehmen ihre Beleuchtung optimieren können. Andere Unternehmen unterstützen den Verkauf energiesparender Produkte durch Rabatte. Insbesondere profitieren derzeit Firmen, die energieeffiziente Technologien entwickeln und anbieten. Der Umwelttechnologie-Markt boomt.

Eine weitere Möglichkeit für Unternehmen, ihren CO₂-Reduktionsverpflichtungen nachzukommen, ist der „Emissionshandel“. Der Staat schafft damit Anreize, CO₂-Minderungsmaßnahmen dort durchzuführen, wo sie wirtschaftlich und ökologisch am effizientesten sind. Alle europäischen Staaten haben dazu erstmalig im Jahr 2005 an die größeren Energie- und Industrieunternehmen eine definierte Menge von Zertifikaten verteilt, die sie zum Ausstoß von Kohlendioxid berechtigen und die handelbar sind. Führt der Betrieb Emissionsminderungsmaßnahmen im eigenen Betrieb durch, werden Zertifikate „frei“ und das Unternehmen kann diese verkaufen. Emittiert es weiterhin über der zugeteilten Menge, muss es Zertifikate zukaufen.

Da Treibhausgase global wirken, ist es für den Klimaschutz grundsätzlich egal, an welchem Ort Emissionen entstehen bzw. vermieden werden. Daher können im Rahmen des Emissionshandels auch so genannte Emissionsminderungszertifikate an- und verkauft werden, die aus anerkannten Klimaschutzprojekten außerhalb Deutschlands stammen. Solche Vorhaben beinhalten z. B. den Bau von Windkraftanlagen, die Nutzung von Deponiegas oder Investitionen in Wasserkraftprojekte.

Neben dem staatlichen Emissionshandel ist eine Beteiligung am Handel von Emissionsrechten auch auf freiwilliger Basis möglich. So stellen einige Unternehmen ihren gesamten Betrieb klimaneutral oder bieten einzelne Produkte klimaneutral an. Das empfohlene Vorgehen besteht darin, dass ein Unternehmen zunächst versucht, seine CO₂-Emissionen über die Erhöhung seiner Energieeffizienz weitestgehend zu reduzieren, z. B. durch Maßnahmen zur Wärmedämmung oder Wärmerückgewinnung. Sind weitere Maßnahmen wirtschaftlich nicht mehr möglich, ist der Einsatz erneuerbarer Energien zu prüfen. Die noch verbleibenden und unvermeidbaren Emissionen sind, entweder für den gesamten Betrieb oder für einzelne Betriebszweige, durch freiwillige Ausgleichsmaßnahmen, die an anderer Stelle durchgeführt werden, zu kompensieren. Dazu kaufen Unternehmen CO₂-Minderungszertifikate von Emissionsminderungsprojekten ein. Es ist darauf zu achten, dass diese Zertifikate aus anerkannten Projekten stammen. Den gesamten Prozess vom Ankauf der Zertifikate bis zur Auswahl der Klimaschutzprojekte übernehmen spezialisierte Unternehmen, die wiederum die Anerkennung der Projekte bei einer neutralen Stelle beantragen müssen.

Firmen, die sich klimaneutral stellen lassen, profitieren von dem Werbeeffekt, denn Engagement im Klimaschutz kommt bei vielen Kunden gut an. Dies verbessert die Wettbewerbsposition der Unternehmen am Markt.

Bayern hat inzwischen unternehmerische Klimaschutzaktivitäten in den Kriterienkatalog seines seit 1995 bestehenden erfolgreichen Umweltpakts mit der bayerischen Wirtschaft aufgenommen. Das bedeutet: Unternehmen, die Teile

Global denken – Emissionshandel als Ergänzung zur Emissionsminderung im eigenen Betrieb



Wo weitere Emissionsreduktion im eigenen Betrieb nicht möglich ist, können auch Reduktionsmaßnahmen an anderer Stelle gefördert werden.

Freiwillige Beteiligung am Emissionshandel

☐ → Wegweiser zur Klimaneutralität – Klimabewusstes Handeln im Unternehmen (26)

Klimaschutz als neues Kriterium des Umweltpakts Bayern – zusätzliche Anerkennung für „klimaneutrale“ Betriebe:

☐ → Umweltpakt Bayern (27)

Beitrag der Emissionsminderung in der Landwirtschaft ist ausbaufähig.



„Der Pflanze ins Maul düngen“ – bedarfsgerechte Düngung als Weg zur Minderung der Lachgas-Emissionen

Aufstallung mit Stroh und Festmistwirtschaft oder Verwertung von Gülle in Biogasanlagen hilft Methan-Emissionen zu reduzieren.



Ökolandwirtschaft ist aktiver Klimaschutz.

ihres Betriebs oder sogar den gesamten Betrieb „klimaneutral“ stellen, können am Umweltpakt Bayern teilnehmen und damit eine Urkunde und öffentliche Anerkennung erhalten.

Land- und Forstwirtschaft – produktive Beiträge zum Klimaschutz

Die Land- und Forstwirtschaft bewirtschaftet einen großen Anteil der Fläche Bayerns. Sie ist daher nicht nur vom Klimawandel betroffen, sondern kann wie kaum ein anderer Bereich einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz leisten. Hauptursachen für die Emissionen klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft sind die Viehhaltung, die Düngewirtschaft, die Bewirtschaftung organischer Böden sowie der generelle Energieverbrauch und die damit einhergehenden Emissionen. Der deutschen Landwirtschaft ist es zwar gelungen, die Emissionen von Treibhausgasen zwischen 1990 und 2004 um 18 % zu verringern. Es gibt aber nach wie vor unausgeschöpfte Minderungspotenziale.

Man schätzt, dass bei der Düngung mit mineralischem Stickstoffdünger rund ein bis drei Prozent des Stickstoffs als Lachgas in die Atmosphäre freigesetzt werden. Die Höhe der Lachgas-Emission wird wesentlich durch den Nitratgehalt im Boden beeinflusst. Je größer die Stickstoffüberschüsse im Boden sind, desto mehr Stickstoff kann im Boden gelöst und der mikrobiellen Umsetzung zugeführt werden, die zur Emission von Lachgas führt. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Intensität der Bodenbewirtschaftung und der Emissionshöhe. Zu den großen Herausforderungen gehört daher eine bedarfsgerechte Düngung, und dies umso mehr, als durch die veränderten Klimabedingungen im Jahresverlauf die bestehenden Düngesysteme ohnehin einer Anpassung bedürfen. Ein reduzierter, weil gezielterer Mineraldüngereinsatz dient auch insofern einer Minderung der Klimagas-Emissionen, als die Herstellung von Mineraldünger selbst ein energieintensiver Prozess ist, der nicht unerhebliche Mengen von Kohlendioxid freisetzt.

Methan-Emissionen können unter anderem durch Veränderungen der Stall- und Güllewirtschaft vermindert werden. Bei Aufstallung mit Einstreu und Festmist im Gegensatz zur stroharmen bzw. strohlosen Aufstallung mit Gülleproduktion sind die Methan-Emissionen in der Regel geringer. Allerdings ist der damit verbundene Mehraufwand für die Stallwirtschaft insbesondere bei viehstarken Betrieben erheblich.

Umfangreiche Minderungsmöglichkeiten eröffnet außerdem die Fermentation der Wirtschaftsdünger durch die Errichtung von Biogasanlagen. Die Verringerung der Methanfreisetzung durch die Gülleverwertung entspricht dann pro Kuh im Jahr etwa 1.500 kg CO₂-Äquivalenten. Gleichzeitig liefert die Gülle von vier Kühen im Jahr rund 3.500 kWh Energie, was dem Jahresstromverbrauch eines kompletten Haushalts entspricht. Zusätzlich gilt das Potenzial zur Nutzung der Abwärme von Biogasanlagen als noch lange nicht ausgeschöpft.

Der Anteil der Landwirtschaft an den CO₂-Emissionen ist relativ gering. Trotzdem stehen den Landwirten auch hier vielfältige Einsparpotenziale zur Verfügung. Insbesondere die Einschränkung des Futtermittelzukaufs sowie des Einsatzes chemisch-synthetischer Pflanzenschutz- und Düngemittel dient der Reduzierung der CO₂-Emissionen, die mit der Herstellung und dem Transport dieser Mittel verbunden sind.

Viele der genannten Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen in der Landwirtschaft werden im Ökolandbau systembedingt bereits umgesetzt.

Hierzu gehören insbesondere der Verzicht auf Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel sowie der weitgehende Ersatz zugekaufter Futtermittel durch den Anbau luftstickstofffixierender Leguminosen. Mit seinen auf Humusmehrung zielenden Fruchtfolgen, der Stallmistdüngung und einer besonders schonenden Bodenbearbeitung schafft es der Ökolandbau, auch mehr Kohlendioxid im Boden festzulegen als dies der konventionellen Landwirtschaft in der Regel möglich ist.

Die große Leistung der Land- und Forstwirtschaft zur Emissionsminderung besteht darin, durch die Erzeugung von Biomasse Alternativen zu fossilen Energieträgern bereit zu stellen. Bei der landwirtschaftlichen Biomasse unterscheidet man grundsätzlich die so genannte Anbaubiomasse, d. h. Energiepflanzen wie Mais, Raps und Getreide, und die Verwertung von Abfällen und Rückständen der Landwirtschaft wie z. B. von Gülle und Jauche.

Die landwirtschaftlichen Biomassen werden vor allem zur Produktion von Biokraftstoffen und Biogas eingesetzt. In den letzten Jahren war hier eine starke Dynamik zu verzeichnen. Die Verwendung von Biokraftstoffen hat sich im Zeitraum von 1998 bis 2003 verdreifacht, die von Biogasen verfünffacht. Im Jahr 2006 waren in Bayern etwa 1.350 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von ungefähr 250 Megawatt im Betrieb. Dies entspricht dem Stromverbrauch von fast 400.000 Haushalten bzw. 2 % des bayerischen Stroms. Rund ein Viertel der gesamten deutschen Biogasanlagenleistung ist in Bayern installiert.

Die Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe betrug 2006 rund 250 000 Hektar, das entspricht rund 12 % der Ackerfläche. Die Nutzung von Mais in Biogasanlagen hat also den Flächenanteil von Silomais insgesamt bisher nicht signifikant verändert.

Die Forstwirtschaft trägt mit der Bereitstellung von Brennholz den größten Anteil an der in Bayern für energetische Zwecke genutzten Biomasse. Allerdings holen die landwirtschaftlichen Biomassen zunehmend auf. Holz wird vor allem zur direkten Wärmeherstellung in kleinen und mittleren Feuerungen eingesetzt. In den letzten fünf Jahren stieg der Bestand an Holzverbrauchenden Feuerstätten wie Kaminöfen, Herden, aber auch anderen Biomassekleinfeuerungsanlagen, z. B. geregelten Scheitholz-, Hackschnitzel- und Pelletheizungen, auf insgesamt zwei Millionen in Bayern an. Rein rechnerisch befindet sich inzwischen in jedem dritten Privathaushalt eine Biomasseheizung. Inzwischen sind rund 260 staatlich geförderte Biomasseheizwerke in Betrieb, die Wärme in lokale Netze einspeisen und teilweise auch Strom liefern.

In unseren Wäldern gibt es aber noch weitere beträchtliche Nutzungspotenziale, denn zurzeit werden nur etwa zwei Drittel der jährlich nachwachsenden Holzmenge entzogen. 2006 wurden 23 % der aus den Wäldern entnommenen Holzmenge energetisch verwertet. Die Nachfrage ist enorm, was sich inzwischen deutlich in der Preisentwicklung niederschlägt. Waldhackschnitzel und Holzpellets hatten sich bis Ende 2006 gegenüber 2003 bereits um über 40 % verteuert.

Als erneuerbarer und alternativer Energieträger wird an die Biomasse der berechnete Anspruch gestellt, dass ihre Produktion umweltfreundlich und die Energieumwandlung auf möglichst effiziente Weise erfolgen. Der Ersatz von fossilen Brennstoffen durch Biomasse ist nicht per se klima- und umweltfreundlich. Um auf eine positive nachhaltige Entwicklung hinwirken zu können, haben das Landesamt für Umwelt, die Landesanstalten für Landwirtschaft und für Wald und Forstwirtschaft sowie das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe Anbau- und Nutzungsempfehlungen für Energiepflanzen erarbeitet.

Biomasseerzeugung: die große Leistung der Land- und Forstwirtschaft zur Klimaentlastung

→ Gesamtkonzept Nachwachsende Rohstoffe des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten (28)

In 2003 wurden durch die energetische Verwertung nachwachsender Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft rund 6,6 Millionen Tonnen CO₂ vermieden.



Noch erhebliche Potenziale für Brennholznutzung in bayerischen Wäldern, aber bereits deutliche Preissteigerungen

→ Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (29)

Ökosysteme als Treibhausgas-Senken – eine weitere Möglichkeit zum Klimaschutz

Eine gezielte Erhaltung oder Stärkung von Treibhausgas-Senken kann einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Ökologische Senken:

Senken sind nach der → *Klimarahmenkonvention* Prozesse, Aktivitäten und Mechanismen, die Treibhausgase aus der Atmosphäre entfernen. Bei einer Steigerung der Senkenleistung geht es darum, möglichst viel Kohlenstoff zusätzlich in das System zu führen und möglichst lange darin zu binden.

Senkenleistung von Wäldern noch umstritten



Wälder speichern Kohlenstoff im lebenden Holz, im Totholz, in der Streu und im Waldboden – aber zu welchen Anteilen und wie dauerhaft?

Abb. 34: Entwicklung der jährlichen Senkenwirkung des deutschen Waldes (prognostiziert auf Basis der Bundeswaldinventur)

Was sind Treibhausgas-Senken?

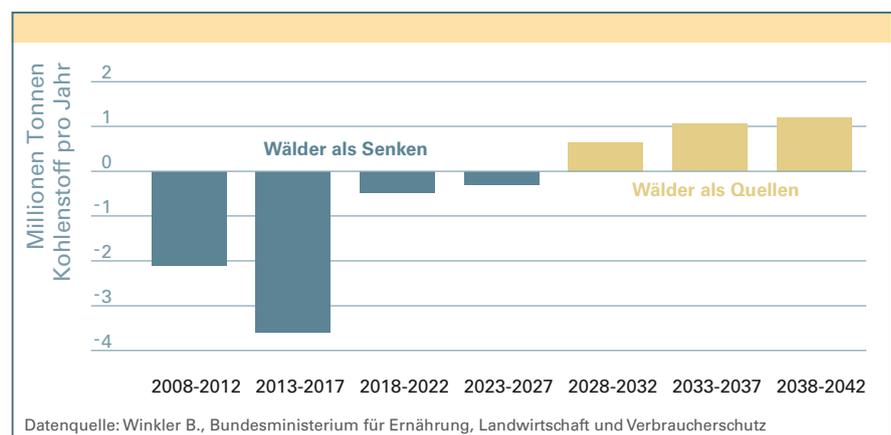
Ökosysteme wie beispielsweise Wälder oder Feuchtgebiete und Moore entziehen der Atmosphäre Kohlendioxid und speichern den darin enthaltenen Kohlenstoff in der Biomasse und im Boden. Ein Ökosystem gilt dann als eine CO₂-Senke, wenn es mehr CO₂ aufnimmt als abgibt. Die Dauerhaftigkeit der Kohlenstoffspeicherung ist jedoch je nach Ökosystem und dessen Bewirtschaftung oder Management sehr unterschiedlich.

Die Nutzung solcher → *ökologischer Senken* kann neben den technischen und administrativen Maßnahmen einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die ehrgeizigen Ziele Bayerns bei der Minderung von Treibhausgasen zu erreichen.

Die Bedeutung von CO₂-Senken ist insbesondere mit der → *Vertragsstaatenkonferenz* in Den Haag 2005 stärker in den Fokus des Klimaschutzes auch in Mitteleuropa gerückt. Heute weiß man, dass sich beispielsweise mit gezielten Maßnahmen zum Management und zur Renaturierung von Feuchtgebieten in erheblichem Umfang Kohlenstoff aus der Luft auch langfristig binden lässt. Außerdem gibt es umfangreiche Forschungen zur Frage der Dauerhaftigkeit der Kohlenstoffbindung in Wäldern.

Eine nachhaltige Forstwirtschaft, die auf die Stabilisierung des Kohlenstoffspeichers Wald abzielt, dient der Erhaltung der Senkenfunktion der Wälder. Forstliche Maßnahmen und die Verwendung forstlicher Erzeugnisse können CO₂-Emissionen kompensieren, wenn Produkte auf Basis von Erdöl, Erdgas, Kohle oder energieaufwändige Materialien wie Beton, Stahl und Aluminium durch Holz ersetzt werden und der Einsatz langlebiger Holzprodukte z. B. im Hausbau oder in der Möbelherstellung erweitert wird. Umstritten ist aber nach wie vor, inwieweit eine Zunahme der Kohlenstoffvorräte im Wald, also die Bindung von Kohlenstoff in lebenden Bäumen bzw. in Waldökosystemen einschließlich des Waldbodens, ein langfristiger Beitrag zum Klimaschutz sein kann.

Auf der Grundlage der Bundeswaldinventur lässt sich die Senkenwirkung des deutschen Waldes für Kohlenstoff abschätzen. Die jährliche Zunahme der Kohlenstoffvorräte in der ober- und unterirdischen Waldbiomasse wird danach im Zeitraum 2008 bis 2012 auf ungefähr 2,1 Millionen Tonnen, im Zeitraum 2013 bis 2017 auf rund 3,6 Millionen Tonnen geschätzt. In den folgenden Jahren wird die Senkenleistung des Waldes dann aber stetig abnehmen. Spätestens ab dem Jahr 2028 wird vorhergesehen, dass sich der deutsche Wald zu einer CO₂-Quelle entwickelt. Dies gilt unter der Annahme einer leicht steigenden Holznutzung.



Insgesamt lässt sich festhalten: Es gibt noch immer große Unsicherheiten bei der Berechnung der Senkenleistungen der verschiedenen Ökosysteme und ihrer Beeinflussbarkeit durch Landnutzung und Management. Dies gilt in besonderer Weise für die Senkenfunktion von Böden. Auch im Wald liegen die größten und vermutlich dauerhaftesten Kohlenstoffspeicher in den Böden und keineswegs im Holz. Die Forschung beginnt sich jedoch auch für Bayern verstärkt dieser Thematik anzunehmen (z. B. im Rahmen des deutschen → *klimazwei-Programms*).

Senken im Fokus der Klimaverhandlungen

Die Berücksichtigung von Senken beim Klimaschutz hat eine lange Geschichte und führte streckenweise zu zähen Auseinandersetzungen zwischen den Vertragsparteien bei den internationalen Klimaverhandlungen. Zentrale Frage war dabei stets, ob eine Tonne zusätzlich in der Biosphäre gespeichertes CO₂ den gleichen Wert hat wie eine vermiedene Tonne CO₂-Emission aus der Nutzung fossiler Brennstoffe. In der Tat ist beides nicht direkt vergleichbar: Aus einer ökologischen Senke kann bei Veränderung der Bewirtschaftung (z. B. bei Waldrodung) oder unvorhergesehenen Ereignissen (wie Waldbränden) jederzeit und mitunter sehr schnell wieder eine CO₂-Quelle werden, während eine vermiedene Emission etwa aus einer Industrieanlage stets einen dauerhaften Effekt hat.

In Deutschland gilt bislang nur das gezielte Waldmanagement als offiziell anrechenbare Klimaschutzmaßnahme. Das bedeutet, Wälder können dann als Senken geltend gemacht werden, wenn über die „normale“ forstliche Bewirtschaftung hinaus Maßnahmen zur gezielten Bindung möglichst großer Mengen an Klimagasen ergriffen werden. Für den ersten Anrechnungszeitraum von 2008 bis 2012 wurden für Deutschland als Obergrenze der anrechenbaren Senkenleistung 4,55 Millionen Tonnen CO₂ festgelegt. Mit „Waldsenkengutschriften“ ist allerdings nicht vor dem Jahr 2014 zu rechnen. Die möglichen Erlöse aus dem Verkauf dieser Gutschriften sollen der Förderung des Waldes in Deutschland zugute kommen. Trotz der offiziellen Anrechenbarkeit dieser Klimaschutzmaßnahme fehlt es derzeit aber noch an vollständig ausgearbeiteten Konzepten für ein zielgerichtet am Klimaschutz orientiertes Waldmanagement.

Ab 2013 werden Senkenleistungen voraussichtlich umfassender als bisher als Klimaschutzmaßnahme nach dem → *Kyoto-Protokoll* anrechenbar sein. Vor diesem Hintergrund wurden bereits Vorkehrungen zur Erhaltung und Stärkung natürlicher Senken in den Maßnahmenkatalog des Klimaprogramms Bayern 2020 aufgenommen. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Erhaltung und Renaturierung von Auen, der Förderung einer klimafreundlichen landwirtschaftlichen Nutzung von Niedermoorstandorten einschließlich der Rückumwandlung von Ackerflächen in wiedervernässtes Grünland und der Renaturierung von Mooren.

Die Moore Bayerns bedecken mit nahezu 200.000 Hektar 2,8 % der Landesfläche. Im Gegensatz zu den Wäldern lassen sich bei Mooren Speicherung bzw. Freisetzung klimarelevanter Gase mit Management-Maßnahmen wie der Steuerung des Wasserstands und der Nutzungsintensität gezielt beeinflussen. Auf der einen Seite entweicht aus intensiv genutzten oder degradierten Mooren aufgrund der großen Kohlen- und Stickstoffvorräte, die in diesen Böden gebunden sind, neben Lachgas bis zu fünfmal so viel Kohlendioxid wie naturnahe Moorflächen aufnehmen können. Auf der anderen Seite gelten gerade die organischen Böden als potenzielle Klimagas-Senken, die im Gegensatz zu mineralischen Böden zu einer echten dauerhaften Emissionsminderung beitragen können. Die Renaturierung von Mooren kann damit einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten, vorausgesetzt, bei der Renaturierung gehen naturschutzfachliche Kriterien und Erfordernisse des Klimaschutzes Hand in Hand.

Noch immer große Unsicherheiten bei der Berechnung der Senkenleistungen – erheblicher Forschungsbedarf

Anrechnung von Senken nach dem Kyoto-Protokoll ist Risiko: Was über viele Jahre an Kohlendioxid gespeichert wird, kann schnell wieder emittiert werden.

→ Klimaprogramm Bayern 2020 (30)



Moorrenaturierung als Klimaschutzmaßnahme

Degradierte und intensiv genutzte bayerische Hoch- und Niedermoores: erhebliche Potenziale zur Emissionsminderung durch Renaturierung



Anpassung – Reagieren auf das Unvermeidliche

Unsere Kenntnisse zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Umwelt und Gesellschaft sind trotz aller Forschungen noch immer lückenhaft. Aber wir können nicht warten, bis wir alles wissen. Wir müssen bereits jetzt handeln, um uns auf die unvermeidlichen Folgewirkungen einzustellen. Prävention ist wichtig, um die schlimmsten Gefahren, die zum Beispiel aus steigenden Hochwassern, großflächigen Waldschäden oder dem häufigeren Auftreten von Infektionskrankheiten drohen, abzuwehren.

Technische Maßnahmen sind für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels unverzichtbar. Der Staat muss hier in vielen Bereichen die Initiative ergreifen. Aber auch jeder Einzelne von uns ist in der Pflicht, Eigenverantwortung zu übernehmen und vorsorgende Maßnahmen zu treffen.

**Anpassungsstrategien
für alle Bereiche der
Wirtschaft**

68

Nahezu alle Sektoren der Wirtschaft sind vom Klimawandel betroffen. Sie sind herausgefordert, mit den veränderten Rahmenbedingungen zu arbeiten und dennoch wirtschaftlich zu bleiben.

**Tier- und Pflanzen-
welt im Klimastress
gezielte Hilfe
durch Naturschutz
programme**

73

Tiere und Pflanzen stoßen mit ihren natürlichen Anpassungsmöglichkeiten angesichts der Geschwindigkeit des Klimawandels an ihre Grenzen. Hier ist Unterstützung erforderlich.

**Private Vorsorge
wir brauchen eine
neue Risikokultur**

74

Jeder von uns ist in der Verantwortung, seine persönlichen Risiken infolge des Klimawandels zu reduzieren, durch vernünftiges Handeln und eine ausreichende private Absicherung.

Anpassungsstrategien – für alle Bereiche der Wirtschaft

Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020: natürlicher Rückhalt, technischer Hochwasserschutz und Hochwasservorsorge

„Gebt den Flüssen ihren Raum“



Hochwasser am Regen



Technischer Hochwasserschutz

Das „Jahrhundert-Hochwasser“ an Pfingsten 1999 hat die Notwendigkeit eines vorbeugenden Hochwasserschutzes erneut deutlich gemacht. 2001 wurde deshalb in Bayern mit dem Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020 ein integrales Konzept mit den drei Handlungsfeldern „Natürlicher Rückhalt“, „Technischer Hochwasserschutz“ und „Hochwasservorsorge“ eingeführt. Das Klimaprogramm Bayern 2020 sieht vor, diese bewährte Hochwasserschutz-Strategie regelmäßig mit Hilfe neuer Erkenntnisse auf Grundlage regionaler Klimamodelle abzugleichen und dynamisch anzupassen.

Das erste Handlungsfeld der bayerischen Hochwasserschutz-Strategie setzt in der Fläche an. Wasser soll möglichst da zurückgehalten werden, wo es anfällt. Dies betrifft das gesamte Gewässereinzugsgebiet, die Aue und das Gewässerbett mit Uferbereich. Ziel ist es zum einen, die Versickerungsfähigkeit des Bodens in besiedelten Bereichen, aber auch auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen zu fördern. Zum anderen sollen Fließgewässer und Auenlandschaften möglichst naturnah erhalten oder entwickelt werden. Hier soll sich das Hochwasser ausbreiten können, ohne großen Schaden anzurichten. Zu diesem Zweck werden Deiche zurückverlegt, Gewässerbett und Ufer renaturiert.

Auf den technischen Hochwasserschutz muss dort zurückgegriffen werden, wo die Wasserrückhaltung in der Fläche allein nicht ausreicht. Technische Hochwasserschutzanlagen sind in Bayern in der Regel für einen → *hundertjährigen Hochwasserabfluss* ausgelegt und schützen effizient Bebauung und Infrastruktur vor Überflutungen. Bei der Planung neuer Hochwasserschutzanlagen, wie z. B. von Deichen, Mauern, Flutmulden, Rückhaltebecken und Talsperren, wird bereits seit 2004 beim Bemessungsabfluss vorsorglich ein Klimazuschlag von 15 % berücksichtigt, da Studien einen Anstieg der Hochwasser bis 2050 prognostizieren.

Ein Restrisiko bleibt immer bestehen. Mit einer weitergehenden Hochwasservorsorge können aber die Hochwasserschäden begrenzt oder gar vermieden werden. So sind gefährdete Bereiche von Bebauung freizuhalten, um das

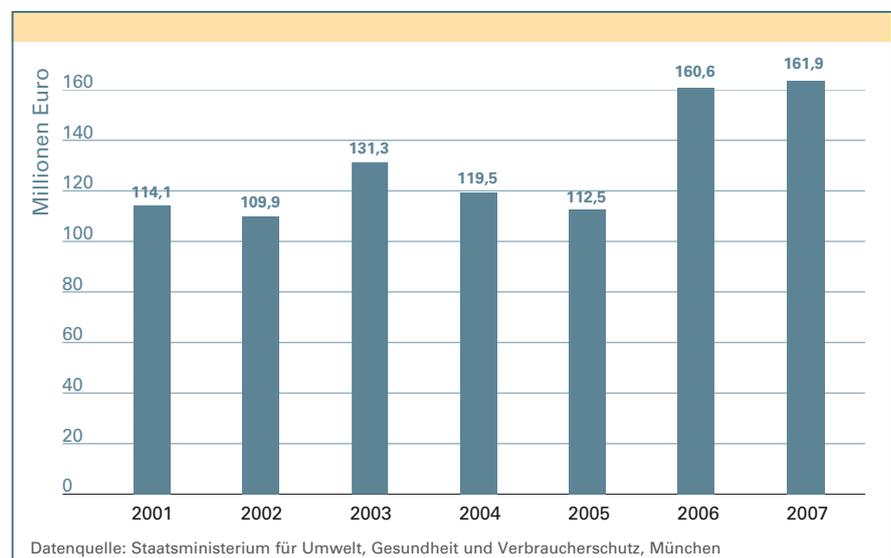


Abb. 35: Jährliche Investitionen im Hochwasserschutz-Aktionsprogramm 2020 in Bayern seit 2001

Schadenspotenzial zu minimieren. Hierzu werden Überschwemmungsgebiete berechnet und wasserrechtlich festgesetzt, an denen sich die Bauleitplanung orientieren muss. Darüber hinaus werden in den Regionalplänen Vorrangflächen für den Hochwasserschutz ausgewiesen. An bereits bestehenden Gebäuden können Schäden durch bauliche Schutzvorkehrungen verringert werden. Rechtzeitige und zuverlässige Hochwasserwarnungen helfen, die Zeit zwischen der Entstehung des Hochwassers und dem Eintritt kritischer Wasserstände zu nutzen, um Schäden vorzubeugen.

Seit Beginn des Hochwasseraktionsprogramms im Jahr 2001 sind über 900 Millionen Euro in Maßnahmen geflossen. Insgesamt will der Freistaat Bayern mit diesem Programm bis 2020 2,3 Milliarden Euro in den Hochwasserschutz investieren.

☐ → Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete (IÜG) (1)

☐ → Hochwassernachrichtendienst (2)

Wassermangel – vorausschauendes Management unverzichtbar

Während als Folge des Klimawandels künftig vor allem kleine und mittlere Hochwasser deutlich zunehmen können, muss in manchen Gebieten Bayerns auch mit kritischeren Wassermangelsituationen im Sommer gerechnet werden. Dies erfordert Maßnahmen zur Gewährleistung der Wasserqualität und der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer und zur Sicherung und Steuerung wichtiger Wassernutzungen wie z. B. der Versorgung mit Trink- aber auch Brauchwasser, der Bereitstellung von Kühlwasser, der Bewässerung in der Landwirtschaft oder der Schifffahrt.

Die Einrichtung eines web-basierten Niedrigwasserinformationsdiensts und die Überprüfung und Anpassung der Wärmelastpläne gehören für das Bayerische Umweltministerium zu den vordringlichen Aufgaben. Daneben sollen die wasserwirtschaftlichen Messnetze weiter optimiert werden. Bestehende und künftige Ansprüche an Gewässernutzungen müssen an die Auswirkungen des Klimawandels angepasst werden. Im Sinne einer vorausschauenden Klimapolitik sind potenzielle Standorte für große Wasserspeicher zur Niedrigwasseraufhöhung langfristig vor konkurrierenden Nutzungen zu sichern.

Hochwasser hier, Wassermangel da – Sicherung und Steuerung wirtschaftlicher Wassernutzungen sind notwendig.

Bestehende und zukünftige Ansprüche an die Gewässernutzung mit den Auswirkungen des Klimawandels in Einklang bringen.

Bereits heute besteht in Bayern eine ungleiche räumliche und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge und der Grundwasserneubildung, die sich den Prognosen zufolge weiter verschärfen kann. Besonders in den Wassermangelgebieten Frankens und der Oberpfalz wird dies den Verbund von Wassergewinnungsanlagen und die Erschließung weiterer Wasserressourcen notwendig machen.

In Bayern wird das Trinkwasser zu über 95 % aus Grundwasser gewonnen. Der nachhaltige Schutz nutzbarer Grundwasservorkommen und die Förderung der Grundwasserneubildung sind deshalb wesentliche Voraussetzungen für eine sichere Trinkwasserversorgung. Die Trinkwassereinzugsgebiete sind von besonderen Risiken freizuhalten und soweit erforderlich durch Vorrang- bzw. Trinkwasserschutzgebiete rechtlich zu sichern.

Innerhalb von Siedlungen können effiziente kommunale Entwässerungssysteme, Maßnahmen der Entsiegelung und eine möglichst weitgehende Versickerung von Regenwasser die Sicherung der Grundwasserneubildung unterstützen. In der Landwirtschaft sollte die Anlage von Drainagegräben aus denselben Gründen vermieden werden.

Maßnahmen zur Einsparung von Trinkwasser sind bereits weitgehend ergriffen. Seit Ende der 1980er Jahre lässt sich in Bayern ein Rückgang des Trinkwasserverbrauchs feststellen. Gründe hierfür sind der Einsatz wassersparender Verfahren und Geräte in Industrie, Gewerbe und Haushalten. Letztlich stößt das Wassersparen auch an seine Grenzen. Leitungsnetze, die für hohe

Grundwasserneubildung fördern



Entsiegelte Flächen fördern die Grundwasserneubildung

Ohne Anpassungsmaßnahmen muss mit sinkenden Erträgen gerechnet werden.

Starre Systeme und Patentrezepte für Anbau, Düngung und Pflanzenschutz helfen nicht mehr weiter.

→ Anpassungsmaßnahmen für die Landwirtschaft (3)



Bodenschonende Bewirtschaftung

Effektiver und konsequenter Erosionsschutz insbesondere in den Risikogebieten: Bodenbedeckung und konservierende Bodenbearbeitung



Die genaue Beobachtung der eigenen Bestände wird immer wichtiger, um rechtzeitig und gezielt reagieren zu können.

Verbrauchsspitzen ausgelegt sind, können zu einer erhöhten Verweildauer des Wassers in den Rohren führen und die Trinkwasserqualität beeinflussen.

Neue Anbaumethoden und angepasstes Saatgut – die Landwirtschaft reagiert auf den Klimawandel

Die sich verändernden Klimabedingungen zwingen die Landwirtschaft zu Anpassungsmaßnahmen der Risikovermeidung und der Optimierung der Produktion. Auch wenn die Klimaforschung inzwischen in der Lage ist, großräumige Trends der Klimaveränderungen abzuschätzen, bleiben die Auswirkungen auf die Jahreswitterung schwer vorherzusehen und unterliegen vermutlich großen Schwankungen. Für das Ertragsgeschehen sowie für Maßnahmen der Düngung und des Pflanzenschutzes sind aber gerade diese Veränderungen im jahreszeitlichen Witterungsverlauf entscheidend. Die landwirtschaftliche Forschung und Praxis sind daher gefordert, Anbau-, Düngungs- und Pflanzenschutzsysteme zu entwickeln und anzuwenden, die ein möglichst flexibles Reagieren auf den Witterungsverlauf ermöglichen.

Bei der Sortenwahl wird künftig die Resistenz gegen Pflanzenkrankheiten und Schädlinge sowie gegen Strahlung, Hitze, Frosthärte und mechanische Belastung (für höhere Standfestigkeit bei Unwettern) eine noch größere Rolle spielen. Außerdem gerät die Reifezeit der einzelnen Sorten zunehmend in den Fokus der Züchter, denn die Reifezyklen der Feldfrüchte verschieben sich mit den Klimaveränderungen.

An geeigneten Standorten kann die Bewässerung zur Ertragsabsicherung beitragen. Ob dies ökonomisch sinnvoll und wasserwirtschaftlich vertretbar ist, muss fallweise in enger Abhängigkeit vom Standort entschieden werden. Technische Fragen im Zusammenhang mit möglichst wassersparenden Bewässerungsmethoden haben sich zu einem wichtigen Aufgabenbereich der landwirtschaftlichen Forschungs- und Beratungseinrichtungen entwickelt.

Für die Böden sind durch die vorhergesagten Klimaänderungen zunehmende Schwankungen im Bodenwasserhaushalt, veränderte Wachstums- und Reifezyklen der Kulturen und eine erhöhte Erosionsgefährdung zu erwarten. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit bodenschonender Bewirtschaftungsmethoden

Die → *Mulchwirtschaft* kann bei nahezu allen Ackerkulturen angewandt werden. Sie verringert nicht nur die unproduktive Wasserverdunstung, sondern schützt auch effektiv vor den Einwirkungen extremer Witterung und vor Bodenabtrag. Mit dem Verzicht auf eine häufige und tiefe Bodenbearbeitung und in aller Konsequenz der pfluglosen Bewirtschaftung können Bodenstrukturen gefördert werden, die weniger erosionsanfällig sind. Zusätzlich sind die Fruchtfolgen an die veränderten Kulturperioden der Feldfrüchte anzupassen, mit dem Ziel, die Böden möglichst kontinuierlich bedeckt zu halten.

Zu den notwendigen Anpassungsmaßnahmen in der Düngungspraxis gehört eine konsequent bedarfsgerechte Düngung. Dies bedeutet für Kulturen mit wenigen Düngungsterminen, dass die Landwirte großen Wert darauf legen müssen, den nach witterungsbedingten Mindererträgen im Boden verbleibende Stickstoff zu binden und vor der Auswaschung aus dem Boden zu schützen. Bei Kulturen mit mehreren Düngegaben kann bei späteren Ausbringterminen auf extreme Witterungsbedingungen durch Reduzierung der Gaben reagiert werden. In Anbetracht zunehmender Winterniederschläge ist es besonders wichtig, die Böden am Ende der Vegetationsperiode mit möglichst wenig auswaschbarem Stickstoff in den Winter zu entlassen bzw. stärker mit überwinternden Kulturen zu arbeiten. Insbesondere die Ausbringung von stickstoffhaltigen Düngern im Herbst muss sich künftig noch konsequenter am Bedarf orientieren.

Im Pflanzenschutz wird sich die Strategie einer gezielten Bekämpfung von Schaderregern, begleitet von vorbeugenden Maßnahmen, durch die veränderten Klimabedingungen nicht grundsätzlich ändern. Allerdings werden die Landwirte mit der Zunahme extremer Wetterereignisse (Dürren oder besonders milde Winter) trotz ihres langjährigen Praxiswissens zunehmend an Grenzen stoßen. Im Wechselspiel von Kulturpflanze und Schaderregern können immer häufiger neue Phänomene auftreten, die eine Anpassung der bisherigen Vorgehensweisen erfordern. Die Nutzung der vielfältigen Beratungsangebote und die sorgfältige Beobachtung ihrer Bestände werden daher für die Landwirte immer wichtiger.

Landwirtschaftliche Beratung gewinnt an Bedeutung.

Waldumbau und geeignete Baumartenwahl – Forstwirtschaft im Zeichen des Klimawandels

In der Forstwirtschaft ist die Anpassung an die natürlichen Standortbedingungen seit langem eine der wichtigsten Bewirtschaftungsregeln. Anders als bei den meisten anderen Landnutzungsformen gibt es im Wald kaum Möglichkeiten, die Standortbedingungen z. B. durch Bewässerung oder Temperierung aktiv zu beeinflussen. Die ökologische Stabilisierung der Wälder zur Minderung der Risiken gehört daher zu den vordringlichsten Aufgaben der Forstwirtschaft.

Auswahl und Förderung der am besten geeigneten Baumarten müssen bereits heute mit Blick auf die zukünftigen Verhältnisse erfolgen. In ungeeigneten, weil standortfremden Bestockungen ist der schrittweise Waldumbau einzuleiten bzw. konsequent fortzuführen. Handlungsschwerpunkte liegen in Regionen, die schon heute eher trocken und warm sind und in denen die Fichte als Baumart vorherrscht. Hier ist es erforderlich, die Bestände zum Teil schon weit vor dem Erntealter gezielt zu laubholzreicheren Beständen umzubauen. Hoher Artenreichtum leistet in der Regel einen wichtigen Beitrag zur Risikominderung bei Klimaextremen und zur Abwendung großflächiger Insektenkatastrophen.

Das „Waldumbauprogramm“ des Klimaprogramms Bayern 2020 setzt mit gezielten Maßnahmen an: Bis 2020 sollen von den insgesamt rund 260.000 Hektar akut gefährdeten Fichtenbeständen im Privat- und Körperschaftswald rund 100.000 Hektar in klimatolerante Mischwälder umgebaut werden. Dafür sind bis 2011 Mittel in Höhe von insgesamt 15 Millionen Euro bereitgestellt. Aufgrund der meist sehr kleinparzellierten Waldflächen der 700.000 Privatwaldbesitzer erfordert der Waldumbau einen hohen Beratungsaufwand.

Mit zusätzlichen 7,5 Millionen Euro sollen der Bergwald und seine lebenswichtigen Schutzfunktionen im Rahmen der „Schutzmaßnahmen im Bergwald“ auf die erheblichen Klimaveränderungen im Alpenraum vorbereitet werden. Geplant sind die intensive Schutzwaldpflege und -sanierung in Verbindung mit einer effektiven Schalenwildregulierung. Im bayerischen Alpenraum sind rund 60 % des Bergwaldes (entsprechend 147.000 Hektar) als Schutzwald kartiert. Zehn Prozent dieses Schutzwaldes sind heute nicht mehr in der Lage, ihre lebenswichtigen Schutzfunktionen zu erfüllen. Angesichts der Zunahme von Georisiken ist daher rasches Handeln erforderlich.

Großflächige Borkenkäferkatastrophen wie 2006 im westlichen Mittelfranken, der über 2.500 Hektar Fichtenbestände zum Opfer fielen, zeigen exemplarisch die Notwendigkeit vorsorgender Anpassungsmaßnahmen. Die systematische und kontinuierliche Beobachtung von Forstschädlingen ist notwendig, um bei Veränderungen im Schädlingsauftreten rechtzeitig reagieren zu können.

Extremereignisse wie Stürme, Hitze- und Dürreperioden oder Waldbrände werden den Prognosen zufolge häufiger auftreten. Allein im Hitzesommer 2003 gab es deutschlandweit zehnmal so viele durch Blitzschlag ausgelöste

Das „eiserne“ Gesetz des Örtlichen in der Forstwirtschaft: Anpassung der Baumartenwahl und der Bewirtschaftung an die standörtlichen Bedingungen



Aufforstung mit Buche

Waldumbauprogramm und Schutzmaßnahmen im Bergwald sind Bestandteil des Klimaprogramms 2020.

Entwicklung von Forstschädling muss streng überwacht werden.



Bestandskontrolle des Borkenkäfers im Bayerischen Wald



Hubschrauber im Löscheinsatz über dem Thumsee, Bad Reichenhall 2007

Waldbrände und Stürme: erhöhte Anforderungen an das Katastrophenmanagement

Neue innovative Strategien für Angebotsentwicklung und Vermarktung im Tourismus erforderlich

Die Zukunft der bayerischen Wintersportorte: Urlaub neben der Piste

☞ BayernTour Natur – Anregungen für
erlebnisreiche und faszinierende
Naturbegegnungen (4)



Bayern hat für den Sommerurlaub viel zu
bieten.

Waldbrände wie in anderen Jahren. Vermutlich wird der Klimawandel die Häufigkeit von Waldbränden in Mitteleuropa sogar stärker erhöhen als im Mittelmeerraum. Für die Zukunft stellen sich damit erhöhte Anforderungen an das Katastrophenmanagement und die Bewältigung der Folgen solcher Extremereignisse.

Die Zusammenarbeit und der Informationsaustausch zwischen den Feuerwehren können im Falle von Waldbränden durch effektive Einsatzpläne und Einsatztaktiken optimiert werden. Rücke- und Abfuhrunternehmen sowie Holzabnehmer müssen nach Sturmschäden koordiniert zusammenarbeiten, um die Schadholzmengen werterhaltend abtransportieren, verarbeiten und vor Schädlingsbefall schützen zu können. Auf der ersten Bayerischen Katastrophenschutztagung, die vom Bayerischen Staatsministerium des Innern im März 2008 in Landshut veranstaltet wurde, war die Zunahme von Waldbränden in Folge des Klimawandels eines der wichtigen Themen.

Tourismuswirtschaft – Urlaub neben der Piste

Für den Tourismus in Bayern, insbesondere für Reiseangebote, die auf Naturerlebnisse setzen, spielen klimatische Bedingungen eine wesentliche Rolle. Zwar ist die Diskussion über mögliche Klimaänderungen und deren Auswirkungen (wie Georisiken, zurückgehende Schneesicherheit) inzwischen auch bei den Tourismusanbietern und Kunden angekommen. Bei der Entscheidung über Art und Ziel einer Urlaubsreise steht sie jedoch meist nicht im Vordergrund; vorrangig sind nach wie vor andere Kriterien wie Qualität, Attraktivität, Service und Preis.

Mittel- bis langfristig werden erhebliche Herausforderungen auf die Tourismuswirtschaft zukommen. Sowohl die Infrastruktur als auch die Entwicklung und Vermarktung des touristischen Angebots müssen an die Gegebenheiten angepasst werden. Der bayerische Wintertourismus wird besonders nachteilig vom Klimawandel betroffen sein. Kurzfristige Anpassungen an schneeärmere Winter sind mit künstlicher Pistenbeschneigung grundsätzlich möglich. Bereits heute werden 11,5 % der gesamten bayerischen Skipistenfläche künstlich beschneit. Mit zunehmender Erwärmung werden aber auch diese Anlagen technisch und wirtschaftlich nicht mehr einsatzfähig sein. Die Beschneigung rechnet sich nur dann, wenn der Schnee lange liegen bleiben kann, da pro Kubikmeter Kunstschnee rund drei Euro an Kosten anfallen. Außerdem sind wasserwirtschaftliche und naturschutzfachliche Bedenken bei der Ausweitung der technischen Beschneigung zu berücksichtigen. Der Wintertourismus in Bayern wird sich unter diesen Bedingungen zwangsläufig auf die höchsten Lagen der Bayerischen Alpen zurückziehen müssen.

Mittel- und langfristig sind grundlegendere Neuausrichtungen in der Tourismuswirtschaft erforderlich. Die Tourismusorte und -betriebe sollten Angebote ausbauen, die unabhängig von Wetter und insbesondere Schnee sind, und auf die Stärkung ihrer regionalen Besonderheiten setzen. Die Dienstleistungen müssen insgesamt vielfältiger werden, um auch flexibler auf unvorhersehbare Entwicklungen reagieren zu können. Große Zukunftschancen werden rund um Natur, Kultur, Kulinarisches und Wellness gesehen.

Der Sommertourismus kann möglicherweise vom Klimawandel profitieren. Eine sommerliche Saisonverlängerung wird z. B. dem Wandertourismus zugute kommen. Mit dem Ausbau und der Diversifizierung ihres Wanderangebots könnte es daher vielen Urlaubsgemeinden gelingen, mehr Gäste anzuziehen.

Es wird in erster Linie Aufgabe der Betriebe sein, rechtzeitig zusätzliche innovative und hochwertige Angebote zu entwickeln sowie bestehende Alternativen qualitativ auszubauen. Dies erfordert massive Investitionen, um den Tourismus als bedeutenden Wirtschaftsfaktor zu sichern und den Spitzenplatz der Tourismusdestination Bayern unter veränderten Rahmenbedingungen zu behaupten.

Tier- und Pflanzenwelt im Klimastress – gezielte Hilfe durch Naturschutzprogramme

Viele Arten und Lebensräume stehen durch unser wirtschaftliches Handeln, unsere Mobilitätsansprüche und unser Freizeitverhalten generell unter einer hohen Belastung. Diese Situation wird durch den Klimawandel verstärkt. Zur Erhaltung der besonders gefährdeten Ökosysteme muss der Naturschutz in Zukunft verstärkt Maßnahmen ergreifen. Das Klimaprogramm 2020 beinhaltet zu diesem Zweck ein eigenes Maßnahmenpaket, das „Sonderprogramm zur Stabilisierung der genetischen Vielfalt und von Ökosystemen“. Dieses Maßnahmenpaket ist eng verzahnt mit der Strategie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Bayern (Bayerische Biodiversitätsstrategie), mit deren Umsetzung das Bayerische Kabinett das Umweltministerium und die übrigen Ressorts im Rahmen ihrer Zuständigkeiten unter Beteiligung der betroffenen Verbände beauftragt hat.

Bei einer Temperaturerhöhung um 1 Grad ist von einer Verschiebung der Vegetationszonen um etwa 200 bis 300 Kilometer nordwärts bzw. um 200 Höhenmeter gipfelwärts zu rechnen. Der Klimawandel erfordert daher von vielen Arten Wanderungsbewegungen, da sich ihre natürlichen Verbreitungsgebiete verlagern werden. In einer zersiedelten und von Infrastruktur überprägten → *Normallandschaft* sind Ausweich- und Rückzugsmöglichkeiten aber stark eingeschränkt. Daher müssen die Zerschneidungs- und Barrierewirkung von Verkehrswegen und Fließgewässerverbauungen sowie die Auswirkungen intensiver land- und forstwirtschaftlicher Flächennutzung abgemildert und die Lebensräume stärker miteinander vernetzt werden. Diese Ziele entsprechen den Strategien des Programms → *BayernNetzNatur*, mit dem ein landesweiter Biotopverbund in Bayern aufgebaut wird.

Naturschutzgebiete, geschützte Landschaftsbestandteile und andere landesweit bedeutsame Flächen des Naturschutzes sind so zu sichern und weiterzuentwickeln, dass sie nicht nur als Kernflächen zur Lebensraumerhaltung, sondern auch als Verbundachsen und Trittsteinbiotope wirken können. Insbesondere sollen die BayernNetzNatur-Projekte intensiver mit dem europäischen ökologischen Netz → *Natura 2000* (FFH- und Vogelschutzgebiete) verknüpft werden. Auch die Agrarumweltprogramme wie das Bayerische Vertragsnaturschutzprogramm einschließlich des Erschwernisausgleichs können zum besseren lokalen Biotopverbund beitragen, indem sie die Nischen- und Strukturvielfalt

Schutz der besonders vom Klimawandel betroffenen Lebensräume: Gebirge, Talauen und Feuchtgebiete

Durch Biotopvernetzung Wanderungsbewegungen von Arten ermöglichen



→ BayernNetzNatur: Aufbau eines landesweiten Biotopverbunds in Bayern (5)

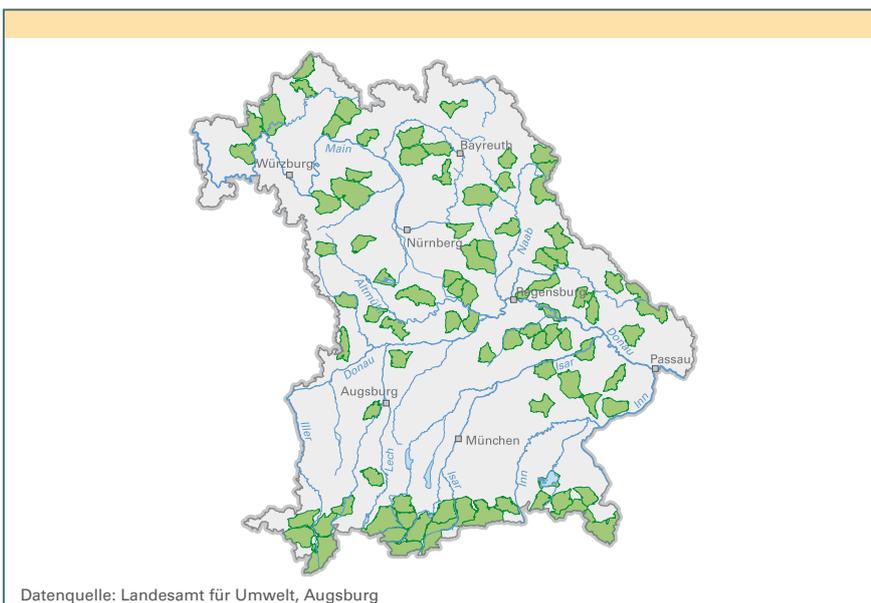


Abb. 36: Landschaftszerschneidung – Unzerschnittene verkehrsarme Räume über 100 km² im Jahr 2000

Schutz endemischer Arten und Überwachung neu eingebürgerter Arten

in der Normallandschaft erhöhen. Der Freistaat engagiert sich zudem über die Landesgrenzen hinaus mit dem „Ökologischen Alpenen Verbund“ für die bessere Vernetzung von Lebensräumen im Gesamttraum Bayern, Salzburg, Tirol und Vorarlberg.

Neben dem Schutz von Lebensräumen sind gezielte Maßnahmen zur Erhaltung besonders bedrohter Arten unverzichtbar. Vor allem die Entwicklung der in Bayern vorkommenden → *endemischen Arten* muss intensiv beobachtet werden. Da mit dem Klimawandel auch zunehmend neue Arten in den bayerischen Raum einwandern, können sich die Konkurrenzverhältnisse für die heimischen Arten verändern. Die Dynamik und das Gefahrenpotenzial der neu eingebürgerten Arten sollten daher auch einer sorgfältigen Überwachung unterliegen.

Private Vorsorge – wir brauchen eine neue Risikokultur

Hundertprozentiger Schutz durch
technische Anpassung bleibt eine
Utopie.

Immer höhere Sachwerte werden
immer höheren Risiken ausgesetzt.



Hochwasserschutz in Eschenlohe

Versicherungswirtschaft als wichtiger
Partner bei der individuellen
Eigenvorsorge.

Staatliche Nothilfe künftig nur
noch in Kopplung an angemessene
Eigenvorsorge

Jeder von uns in der Pflicht

Infolge der prognostizierten Zunahme extremer Wettersituationen werden umweltbedingte Schadensereignisse weiter zunehmen. Anpassungsmaßnahmen unter anderem in den Bereichen Hochwasserschutz oder bei der Reduzierung von Georisiken helfen zwar, die Gefährdung der menschlichen Gesundheit und die wirtschaftlichen Schäden zu reduzieren. Ein hundertprozentiger technischer Schutz vor den Auswirkungen von Extremereignissen bleibt aber eine Utopie.

Mit der Zunahme von Schadensereignissen und Schadenshöhen wachsen für die Versicherer die Risiken, die wiederum über steigende Prämien abgesichert werden müssen. Letztendlich ist damit jeder einzelne Bürger betroffen.

Die steigende Schadenshöhe ist aber nicht nur durch die Zunahme der Häufigkeit und Schwere von Schadensereignissen bedingt, sondern auch darauf zurückzuführen, dass immer höhere Sachwerte größeren Risiken (z. B. durch Überschwemmungen) ausgesetzt werden.

Vor diesem Hintergrund brauchen wir eine neue Risikokultur. Das Bewusstsein muss wachsen, dass jeder in seinem eigenen Bereich mit vorsorgen muss. So kann der Staat nicht immer mit Ausgleichszahlungen helfen, wenn z. B. in überschwemmungsgefährdeten Bereichen gebaut wird und dabei immer höhere Sachwerte aufs Spiel gesetzt werden.

Die Versicherungswirtschaft spielt als Partner eine wichtige Rolle bei der individuellen Eigenvorsorge der Bürger. Seit 1991 können über die so genannte „erweiterte Elementarschadenversicherung“ Gebäude oder Hausrat unter anderem gegen Hochwasser abgesichert werden. Die Elementarschadenversicherung geht damit über die klassischen Gebäudeversicherungen hinaus, die lediglich gegen Gefahren durch Feuer, Leitungswasser und Sturm versichern.

Trotzdem wird die Elementarschadenversicherung aber noch zu wenig in Anspruch genommen, obwohl der zusätzliche Versicherungsschutz für Elementarschäden in der Größenordnung von nur 80 bis 90 Euro pro Jahr liegt – und das bei Durchschnittsschäden von 7.500 bis 15.000 Euro. In Deutschland lag 2003 die Absicherung von Hausrat bei durchschnittlich 10 %, von Gebäuden bei nur 4 %. In Bayern setzt sich deshalb zunehmend die Praxis durch, staatliche Nothilfen bei Elementarschäden an eine angemessene Eigenvorsorge zu koppeln und nur noch Geld für nicht versicherbare Schäden bereit zu stellen.

Auch die Versicherungswirtschaft selbst kann Klimabewusstsein und Eigenvorsorge der Menschen durch geeignete Vertragsgestaltungen fördern. Denkbar

sind hier beispielsweise Vorteile durch günstigere Tarife für energieeffiziente Häuser (z. B. nach dem Passivhausstandard) oder Selbstbehalte, um zu aktiver Risikominimierung zu motivieren.

Gesundheitsvorsorge – mit dem Klimawandel leben

Eigenverantwortung ist auch beim persönlichen Gesundheitsschutz gefragt. Viele Gefahren lassen sich durch vernünftiges und den neuen Verhältnissen angepasstes Verhalten vermeiden oder deutlich abmildern.

Für gesunde Erwachsene gibt es in Deutschland bei normaler Lebensführung und ausreichender Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme auch bei längeren Hitzewellen in der Regel keine gesundheitlichen Gefahren. Die Menschen können sich anpassen und nachteilige Auswirkungen auf ihre Gesundheit durch geeignete Präventionsmaßnahmen abschwächen oder ganz verhindern.

Über das im Frühjahr 2007 eingerichtete Bayerische Hitzewarnsystem erhalten Bezirksregierungen, kommunale Behörden, Rundfunk- und Fernsehsender sowie stationäre Pflegeheime direkt vom Deutschen Wetterdienst (DWD) regionale Hitzewarnungen und Hitzeprognosen, um gefährdete Personen rechtzeitig informieren oder betreuen zu können. Außerdem veröffentlicht das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit Hitzetipps.

Kritisch ist die Situation insbesondere für Menschen, die auf die Hilfe anderer angewiesen sind und die für ausgleichend wirkende Maßnahmen wie z. B. ausreichende Flüssigkeitszufuhr nicht selbst sorgen können. Hierzu gehören Säuglinge und Kleinkinder sowie ältere pflegebedürftige oder behinderte Menschen. Gefährdet sind außerdem Personen, die mit Beruhigungsmitteln, entwässernden und blutdrucksenkenden Medikamenten behandelt werden, oder chronisch Kranke mit neurologischen Leiden, Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Stoffwechsel- oder Infektionskrankheiten. Diese Menschen sind auf eine aktive und weitsichtige Unterstützung ihrer Mitmenschen angewiesen.

Mit zunehmenden Temperaturen werden sich die Aufenthaltszeiten der Menschen im Freien verlängern. Insbesondere bei steigenden Frühjahrstemperaturen und der zu dieser Zeit noch wenig an Sonne gewöhnten Haut bedeutet dies zugleich ein steigendes Risiko von Sonnenbrand und Hautkrebs Erkrankungen. Mit vernünftigem Verhalten, d. h. einer Begrenzung des Sonnenbadens und ausreichendem Sonnenschutz lassen sich aber auch hier viele Gefahren vermeiden oder zumindest mindern.

Über die genannten Warn- und Informationssysteme hinaus ist eine vermehrte Aufklärung der Bevölkerung auch mit Blick auf die zunehmende Gefährdung durch Allergene und Infektionskrankheiten notwendig. Verschiedene Internetanbieter sowie die bayerischen Rundfunksender bieten regelmäßige und lokale Informationen zum „Biowetter“ und zu Pollenflugzeiten an.

In den FSME-Risikogebieten Bayerns ist knapp ein Viertel der Bevölkerung durch Impfung vollständig immunisiert. Der Durchimpfungsgrad nimmt mit zunehmendem Alter ab, ein häufig zu beobachtendes Phänomen. In der Regel kümmern sich Eltern intensiv um den Impfstatus ihrer Kinder und denken weniger über das eigene Infektionsrisiko nach. Allerdings folgen immer mehr Menschen den Impf-Appellen von Ministerien und Medizinern. Im Jahr 2007 kam es in Bayern deswegen sogar zwischenzeitlich zu Engpässen bei der Lieferung des Impfstoffs, da dessen Herstellung zehn bis elf Monate dauert.

Zur klimabedingten Ausbreitung von Infektionserkrankungen sowie der heimischen oder eingewanderten Krankheitsüberträger gibt es noch einen erheblichen Bedarf an Forschung und systematischer Beobachtung.

Mit angepasstem Verhalten lassen sich viele Gesundheitsgefahren vermeiden oder mindern.

☐ → Warnhinweise des DWD (6)

☐ → Hitzetipps des LGL (7)

☐ → Informationen und Hitzetipps des Umweltbundesamts (8)



☐ → Aktion der bayerischen Ministerien: Sonne mit Verstand (9)

Forschung und Beobachtung zur Ausbreitung von klimabedingten Infektionskrankheiten dringend erforderlich



FSME-Impfung



Forschung, Entwicklung, Information

Wissens- und Erkenntniszuwachs gehören zu den wichtigen Voraussetzungen, um angemessen auf den Klimawandel zu reagieren. Nur wenn wir wissen, wie und wo wir sinnvoller Weise regulierend in das System eingreifen können, sind wir in der Lage, dieses auch wirklich zielgerichtet zu steuern. Die internationale Forschergemeinschaft bemüht sich seit Jahren erfolgreich, die Ursache-Wirkungszusammenhänge des Klimawandels zu erklären und Vorschläge zu möglichst effektiven Strategien und Maßnahmen zum Klimaschutz zu treffen.

Oft bereitet uns aber der Brückenschlag zwischen Forschung und Umsetzung Schwierigkeiten. Insbesondere dann, wenn wir als einzelne Bürger zum Handeln aufgefordert sind, brauchen wir eine „Übersetzung“ der uns manchmal abstrakt erscheinenden Forschungsergebnisse. Leicht verständliche Informationsangebote und praktische Hilfestellung unterstützen uns dabei, aktiv zu werden.

Forschung und Entwicklung Know-How zum Umgang mit dem Klimawandel

78

Wissen, was wir tun müssen:
Die bayerischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterstützen uns dabei, die Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels besser zu verstehen.

Umweltministerium und Landesamt für Umwelt informieren Sie

81

Wissen, was wir tun können:
Die bayerischen Umweltbehörden stellen umfangreiche, leicht verständliche und praktische Informationen bereit. Sie zeigen uns, wo wir handeln können.

Noch mehr Klima-Informationen für Bayern

84

Auch außerhalb des Umweltressorts finden wir ein reichhaltiges Informationsangebot und erhalten viele Anregungen, um uns Bündnissen und Initiativen anzuschließen.

Forschung und Entwicklung – Know-How zum Umgang mit dem Klimawandel

Bayerische Forschung liefert regionalisierte Erkenntnisse

Regionalisierte Forschung: Ausmaß und Geschwindigkeit des Klimawandels und regionale Auswirkungen besser abschätzen

→ Kippelemente im Klimasystem der Erde (1)

Forschung und Entwicklung sind die Grundlage für fundierte Strategien zur Anpassung, Schadensverhinderung und Vorsorge. So müssen wir bei der Planung der bereits heute erforderlichen Maßnahmen zwangsläufig Unsicherheiten und Wissensdefizite in Kauf nehmen. Die größten Fragezeichen bei der Abschätzung der künftigen Klimaentwicklung stehen hinter der wirtschaftlichen und politischen Entwicklung der Weltgemeinschaft. Damit sind auch die konkreten Eingangsdaten für Klimamodelle ungewiss. Die Arbeit mit verschiedenen Szenarien hilft, die Bandbreite möglicher Entwicklungen aufzuzeigen. Sie kann jedoch keine eindeutige Gewissheit bezüglich des genauen Ausmaßes und der Geschwindigkeit der künftigen Veränderungen geben. Dies gilt vor allem mit Blick auf unkalkulierbare und noch deutlich drastischere Klimaentwicklungen, die durch Rückkoppelungsmechanismen ausgelöst werden und das Klimasystem zum Kippen bringen könnten.

Kenntnisdefizite gibt es auch nach wie vor im Bereich der Emissionsminderung. Über die effektivsten und effizientesten Methoden, Verfahren und Strategien ist noch immer eine rege Diskussion im Gange.

Neben den global relevanten Forschungsansätzen besteht die Notwendigkeit einer regionalisierten Forschung, um das Ausmaß der Klimaveränderung und ihrer Wirkungen auf der Ebene von Staaten oder Bundesländern besser abschätzen zu können.

Im Bereich der Klimaforschung und Klimafolgenabschätzung gibt es in Bayern umfangreiche Aktivitäten und eine breite Palette von Kompetenzträgern.

Forschungsverbünde – Forschen über Fach- und Institutsgrenzen hinweg

Klimaprogramm 2020 fördert bayerische Forschungsverbünde.

→ BayFORKLIM: Auswirkungen der Klimaänderungen in Bayern (2)

Nicht erst seit Beschluss des Klimaprogramms Bayern 2020 werden in Bayern interdisziplinäre Forschungsverbünde gefördert. Sie führen über Fach- und Institutsgrenzen hinweg Kenntnisse und Erfahrungen zusammen und schmieden Allianzen für die Umsetzung der Forschungsergebnisse.

Im Bayerischen Klimaforschungsverbund BayFORKLIM kooperierten von 1990 bis 1999 bayerische Universitäten, Forschungsinstitute und Fachbehörden. Sie untersuchten die Auswirkungen der Klimaänderungen in Bayern auf Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere und den Menschen.

→ KLIWA: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft – KLIWA-Hefte (3)

Das Projekt KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ wurde 1999 als Gemeinschaftsvorhaben des Deutschen Wetterdiensts sowie der Wasserwirtschaftsverwaltungen von Baden-Württemberg und Bayern und mit fachlicher Beteiligung der Bundesanstalt für Gewässerkunde gestartet. Ziel von KLIWA ist es, die Auswirkungen der bisherigen und künftigen Klimaveränderung auf den Wasserhaushalt der Flussgebiete in Süddeutschland zu ermitteln bzw. abzuschätzen und soweit erforderlich wasserwirtschaftliche Handlungsempfehlungen abzuleiten. In diesem Zusammenhang entwickeln die Forscher und Praktiker regionale Klima- und Wasserhaushaltsmodelle weiter und analysieren regionale Klimaszenarien, die dann einheitlich von allen bayerischen Fachverwaltungen genutzt werden sollen.

Mit dem Klimaprogramm Bayern 2020 werden für die Jahre 2008 bis 2011 zusätzliche Mittel in Höhe von 42 Millionen Euro für den Aufbau interdisziplinärer Forschungsverbünde bereitgestellt.



Hierzu gehören:

- der Bayerische Forschungsverbund „Auswirkungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien“ (BayFORKAST): Die Untersuchungen haben zum Ziel, die Grundlagen für effiziente Strategien zur Schadensminderung sowie zur gesellschaftlichen Anpassung an unvermeidbare Entwicklungen z. B. in der Landnutzung zu liefern. Die Forscher sollen die Reaktionen von komplexen Ökosystemen auf den Klimawandel, insbesondere auf die zu erwartenden Extremereignisse, analysieren und Vorschläge zur gezielten Lenkung von Entwicklungen bereitstellen. Regionale und landschaftliche Schwerpunkte sind der Alpenraum, die Täler großer Flüsse sowie die nordostbayerischen Mittelgebirge. Auf eine enge Vernetzung der Forschung mit der Umsetzung in der Praxis, vor allem in Forst- und Landwirtschaft sowie im Naturschutz, wird besonderer Wert gelegt;
- der Bayerische Forschungsverbund „Energieeffiziente Technologien und Anwendungen“ (BayFORETA): Im Rahmen des Verbunds sollen Wissenschaftler zusammen mit kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) grundlegende Lösungsansätze untersuchen und entwickeln, mit denen in ausgewählten Betrieben die Energieeffizienz erheblich gesteigert und somit der Energiebedarf nachhaltig gesenkt werden kann. Der Verbund wird sich dabei auf die für Bayern wichtigen, mittelständisch geprägten Branchen wie z. B. Lebensmittelindustrie, Automobilzulieferindustrie, Maschinen- und Anlagenbau konzentrieren;
- der Forschungsverbund „Kraftwerke des 21. Jahrhunderts“ (KW 21): Der seit 2004 bestehende Verbund soll weiter gestärkt werden. Zur Sicherung der Energieversorgung und in Anbetracht der anstehenden Erneuerung einer Vielzahl bestehender fossil befeuerter Kraftwerke ist beabsichtigt, Strategien für die Verbesserung der Wirkungsgrade dieser Kraftwerke und zur Reduzierung der klimarelevanten Emissionen zu entwickeln. Forschungsinhalte sind neben neuen Technologien auch energiewirtschaftliche Analysen und Strategien aus betriebs- und volkswirtschaftlicher sowie ökologischer Perspektive. 20 Forschergruppen arbeiten mit neun Industriepartnern an 36 Projekten.

☐ → BayFORKAST: Auswirkungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien (4)

☐ → BayFORETA: Energieeffiziente Technologien und Anwendungen (5)

☐ → KW 21: Kraftwerke des 21. Jahrhunderts (6)



Forschung und Modellvorhaben

Ergänzend zu den Verbundvorhaben gibt es zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Modellvorhaben, die sich speziellen Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel, seinen Auswirkungen und möglichen Maßnahmen beschäftigen. Das Klimaprogramm Bayern 2020 stellt zur künftigen Förderung solcher Untersuchungen knapp 25 Millionen Euro zur Verfügung.

Zu den laufenden, vom Bayerischen Umweltministerium finanzierten Forschungen und Modellprojekten gehören unter anderem:

- die Permafrostmessungen an der Zugspitze (seit 2006): Inzwischen konnte zweifelsfrei nachgewiesen werden, dass Permafrost im Zugspitzgipfel vorkommt. Die Klimaerwärmung dürfte ein langsames Auftauen bewirken. Mit Hilfe von Bohrungen quer durch den Gipfelgrat sollen durch Temperaturmessung langfristige Veränderungen im Bestand des Permafrosts erfasst werden;
- die Erstellung neuartiger Gefahrenhinweiskarten über Steinschläge, Felsstürze und Muren: Bis 2012 ist beabsichtigt, für den gesamten bayerischen Alpenraum Gefahrenhinweiskarten zu erstellen, die den Alpengemeinden eine höhere Planungssicherheit ermöglichen sollen. Erstmals sind in den neuartigen Karten neben aktuellen Hangrutschungen und Felswänden, die abbrechen könnten, jetzt auch die Gebiete eingetragen, die dadurch potenziell gefährdet sind. Die 785 Quadratkilometer große Pilotregion Oberallgäu ist bereits vollständig kartiert;



☐ → Permafrostmessungen an der Zugspitze (7)

☐ → Gefahrenhinweiskarten (8)

- die Kläranlage der Zukunft: Die Konzeption und Technik von Kläranlagen folgten bisher fast ausschließlich den Anforderungen an die Reinigungsleistung sowie wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Klimarelevante Aspekte spielen eher eine untergeordnete Rolle. Untersuchungen zeigen, dass bis zu 35% des Strombedarfs bei kommunalen Kläranlagen eingespart werden könnten (das entspricht einer CO₂-Reduktion von 125.000 Tonnen pro Jahr). Ziel des vom Landesamt für Umwelt betreuten Projekts ist deshalb, den Energieinhalt von Abwasser und Klärschlamm nachhaltig zu nutzen, die Energieeffizienz deutlich zu verbessern und Wege zu noch höherer Energieeffizienz und CO₂-Einsparung aufzuzeigen.

☐ → Ausbau der Forschungen am
Schneefernerhaus (9)



Das Schneefernerhaus, auf 2.640 m Meereshöhe an der Zugspitze gelegen, ist eine der modernsten Höhenforschungsstationen weltweit. Für den Ausbau des Schneefernerhauses zu einem international vernetzten Zentrum für Klima- und Höhenforschung stellt das Klimaprogramm 2020 Förderungen in Höhe von 6,1 Millionen Euro zur Verfügung. Schwerpunkt der Arbeiten auf der Zugspitze ist es, innovative Technologien für die Validierung von Satellitendaten, die Klima- und Atmosphärenbeobachtung sowie für die Früherkennung von Naturgefahren zu entwickeln, zu demonstrieren und praktisch umzusetzen.

Bayerische Wissenschaftler enga-
giert in der deutschen und interna-
tionalen Klimaforschung

Deutsche und europäische Forschung in Bayern

Die Forschungsprogramme der EU – und hier insbesondere das 7. Forschungsrahmenprogramm und das INTERREG-Programm – sowie die Forschungsprogramme und -pläne des Bundes finanzieren eine Vielzahl von Aktivitäten im Bereich Klimaveränderungen und Auswirkungen. Bayerische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollen sich intensiv in diese Arbeiten einbringen. Zudem ist es Ziel, die aktuellen Erkenntnisse aus Bundes- und EU-Vorhaben möglichst umfassend für Bayern nutzbar zu machen. Zum Teil werden aus dem Klimaschutzprogramm 2020 auch Mittel für die Kofinanzierung bayerischer Forschungsleistungen im Rahmen der genannten Programme zur Verfügung gestellt. Beispiele für deutsche und europäische Forschungen in Bayern sind:

☐ → ClimChAlp: Klimawandel, Aus-
wirkungen und Anpassungsstrategi-
en im Alpenraum (10)



- ClimChAlp (2006-2008): Das Projekt wurde im Rahmen des europäischen INTERREG IIIB-Programms (Alpine Space) durch das Bayerische Umweltministerium kofinanziert. Ziel war es, für den Alpenraum konkrete Anpassungsstrategien zum Schutz von Lebensräumen und Arten sowie zum Bodenschutz und zum Schutz vor Naturgefahren zu entwickeln, um die künftige Entwicklung im Alpenraum unter den Rahmenbedingungen des Klimawandels nachhaltig gestalten zu können.

☐ → GLOWA Danube: Analyse des
Wasserhaushalts im Donau-
Einzugsgebiet und Hinweise zum
Management großer Wasserein-
zugsgebiete (11)



- GLOWA Danube (seit 2001): Im Rahmen von GLOWA erarbeitet ein interdisziplinäres Team am Beispiel des Einzugsgebiets der Oberen Donau (für eine Fläche von rund 80.000 km²) das so genannte Entscheidungs-Unterstützungssystem DANUBIA als integratives Werkzeug zur Untersuchung der Nachhaltigkeit zukünftiger Wassernutzung. Das System soll helfen, wasserbezogene Managementfragestellungen mit Unterstützung von numerischen Rechenmodellen zu beantworten, und dazu beitragen, optimale Lösungen für ein nachhaltiges und damit zukunftsverträgliches Umweltmanagement in großen, heterogenen Einzugsgebieten zu finden. GLOWA wird mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung umgesetzt.
- klimazwei – Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen (seit 2007): Mit der neuen Fördermaßnahme „klimazwei“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sollen praxisorientierte Handlungsstrategien für den Klimaschutz entwickelt werden. Die Projekte reichen vom Windkraftantrieb für Frachtschiffe über die Verminderung von Kondensstreifen durch

Flugroutenoptimierung bis zur CO₂-Reduktion bei der Herstellung chemischer Grundstoffe. Projekte unter Leitung und / oder Beteiligung bayerischer Partner sind unter anderem Moornutzungsstrategien (zur Stärkung der Senkenfunktion von Mooren), Anpassung an den Klimawandel durch pflanzenzüchterische Maßnahmen in der Weizenproduktion, Regionales Risiko konvektiver Extremwetterereignisse (RegioExAKT) sowie Klimawerkstatt „Chiemgau-Inn-Salzach-Berchtesgadener Land“ – Klimaschutz- und Anpassungspotenziale einer Region und ihre Erschließung.

☞ klimazwei: praxisorientierte Handlungsstrategien für den Klimaschutz (12)



Umweltministerium und Landesamt für Umwelt informieren Sie

Ihre Fragen zum Thema Naturgefahren

In Zukunft müssen wir damit rechnen, dass auch in Bayern extreme Wetterereignisse wie Stürme, Starkregen oder Trockenheit häufiger werden. Verhindern lassen sich deren Auswirkungen wie z. B. Hochwasser oder Erdbeben nicht, doch können gezielte Informationen und eindeutige Handlungshinweise den Bürgerinnen und Bürgern Bayerns helfen, Gefahrensituationen frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden.

Der Hochwassernachrichtendienst des Bayerischen Landesamts für Umwelt informiert Sie regelmäßig über die Wasserpegelstände der bayerischen Flüsse und warnt vor Überschwemmungen sowie vor Stark- und Dauerregen. Zu Hochwasserzeiten werden die Daten aus den betroffenen Gebieten stündlich aktualisiert. Die Messwerte mancher Flüsse wie Isar, Amper oder Loisach können Sie auch telefonisch erfragen oder im Internet abrufen. Bei allen Angaben handelt es sich in der Regel um nicht validierte Rohdaten, die kontinuierlich und vollautomatisch erfasst werden. Die Kontrolle bzw. Validierung der Daten erfolgt stichprobenartig einmal täglich an Werktagen. Außerdem erhalten Sie auf der Internet-Seite einen Überblick über die aktuellen, vergangenen und historischen Überschwemmungsereignisse. Ein umfassendes Lexikon erklärt Ihnen Begriffe rund um das Thema Hochwasser.

Der Informationsdienst für überschwemmungsgefährdete Gebiete (IÜG) stellt die bei Hochwasser gefährdeten Gebiete auf Karten dar. Erfasst sind sowohl die von den Landratsämtern bereits festgesetzten als auch die von den Wasserwirtschaftsämtern erfassten, aber noch nicht amtlich ausgewiesenen Gebiete. Die letzte Aktualisierung der Daten fand im März 2008 statt; die nächste ist für September 2008 geplant. Mit Hilfe dieses Diensts können Sie sich gezielt über das Hochwasserrisiko informieren; die Eingabe Ihrer Adresse genügt.

Im bayerischen Alpenraum sind Siedlungen und Verkehrswege nicht nur durch Hochwasser gefährdet. Häufig beeinträchtigen Muren oder Felsstürze den Verkehr. Da sich alpine Naturgefahren nur schwer vorausberechnen lassen, gilt es, vergangene Ereignisse zu dokumentieren. Der Informationsdienst Alpine Naturgefahren (IAN) erfasst solche Ereignisse nach einheitlichen Standards mit jährlicher Aktualisierung und bietet Ihnen die Möglichkeit, sich einen Überblick über die Gefahrensituation in Ihrer Region zu verschaffen. Sie können nach bestimmten Themen wie z. B. Hangbewegungen, Schadenslawinen, Wildbachereignissen oder auch gezielt nach bestimmten Gebieten suchen. Der Dienst deckt den bayerischen Alpenraum ab, wie er im Alpenplan des Landesentwicklungsprogramms definiert ist.

Wo bayerische Bäche und Flüsse über ihre Ufer treten:

☞ Hochwassernachrichtendienst (13)

Wo sich bauen und wohnen lässt, ohne nasse Füße zu bekommen:

☞ Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete (IÜG) (14)

Wo in den Alpen Muren und Felsstürze drohen und Wildbäche über die Ufer treten:

☞ Informationsdienst Alpine Naturgefahren (IAN) (15)

Wo Hänge in Bewegung geraten:

☞ GEORISK-Informationssystem (16)



Damit sich Naturereignisse nicht zu Naturkatastrophen entwickeln, werden besondere Gefahrenstellen identifiziert. Der Geologische Dienst im Landesamt für Umwelt (ehemals Geologisches Landesamt) sammelt seit vielen Jahren Informationen über Art, Ausdehnung, Alter und Zustand sowie die mögliche zukünftige Entwicklung von Hangbewegungen. Im GEORISK Dokumentations- und Informationssystem sind derzeit 2.200 Rutschungen erfasst. Im Bodeninformationssystem (BIS) können Sie die Karten abrufen. Alle Ereignisse sind darüber hinaus in Tabellenform kurz beschrieben.

Wie jeder Einzelne zum Klimaschutz beitragen kann:

☞ Infozentrum „UmweltWissen“ (17)



Das Internetportal UmweltWissen gibt Anregungen für einen umweltbewussten Alltag. Gerade in Zeiten, in denen Wissenschaftler nahezu einmütig vor Veränderungen des Klimas warnen, ist Energiesparen ein wichtiges Anliegen. Broschüren und Tagungsbeiträge, verfügbar als pdf-Dokumente, erklären ausführlich, wie wir in unseren eigenen vier Wänden und wie Schulen und Kirchen Energie sparen können. Informieren Sie sich über Energiesparlampen, energieeffiziente Haushaltsgeräte, Wärmedämmung oder die Modernisierung Ihrer Heizungsanlage. Holen Sie sich zudem Tipps, wie ein sparsamer Fahrstil, regelmäßige Wartung oder der eingeschränkte Gebrauch der Klimaanlage den Spritverbrauch Ihres Autos senken. Durch den Verweis auf weiterführende Informationen lassen sich alle Themen vertiefen.

Wo Sie Ihre persönliche Kohlendioxid-Bilanz errechnen lassen können:

☞ CO₂-Rechner des LfU (18)

Sind Klimasünder immer die anderen? Mit dem CO₂-Rechner können Sie Ihren persönlichen Energieverbrauch und die dadurch entstehenden CO₂-Emissionen über ein Jahr abschätzen. Der Vergleich Ihrer Werte mit dem deutschen Durchschnitt zeigt Ihnen, wie klimafreundlich Ihr Verhalten ist. Vergessen Sie dabei aber nicht, dass die Deutschen mit knapp 11 Tonnen CO₂-Ausstoß deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von rund 4 Tonnen liegen.

Um realistische Ergebnisse zu erzielen, sollten Ihre Angaben so genau wie möglich sein. Rüsten Sie sich also für Fragen zu Ihrem jährlichen Energieverbrauch für Strom und Heizung, den Entfernungen, die Sie mit öffentlichen Verkehrsmitteln, dem Auto oder Flugzeug zurücklegen sowie zu Ihrem Ernährungs- und Konsumverhalten. Der Rechner berücksichtigt neben Kohlendioxid auch die Treibhausgase Methan und Lachgas sowie den in großer Höhe von Flugzeugen emittierten Wasserdampf. Zusammen mit Ihrem persönlichen Ergebnis erhalten Sie schließlich Anregungen, wie Sie zum Klimaschutz beitragen können.

Wo Betriebe Antworten zu Energie und Klima-Fragen erhalten:

☞ Infozentrum „UmweltWirtschaft“ (19)



Das Bayerische Landesamt für Umwelt hilft mit seinem Infozentrum UmweltWirtschaft (IZU) bayerischen Unternehmen, die Fragen zum betrieblichen Umweltschutz haben. Praxisnah informiert das Internetportal über gesetzliche Vorgaben und freiwillige Maßnahmen, unter anderem zu den Themen Energie und Klima. In der Rubrik „Aktuelles“ finden Sie als Unternehmer Angaben zu neuen Gesetzentwürfen, Ausschreibungen oder Veranstaltungen. Im „Fragenkatalog“ können Sie ihre persönlichen Anliegen z. B. zu Beleuchtung, CO₂-Ausstoß oder Fördermitteln stellen. Experten antworten innerhalb von drei Tagen und veröffentlichen im Portal weiterführende Informationsquellen oder nennen fachlich kompetente Ansprechpartner.

Ergänzt wird das Angebot durch Beispiele aus Unternehmen, die bereits aktiv Maßnahmen zum Klima- und Umweltschutz umgesetzt haben. Das IZU bündelt das Wissen der Umweltverwaltung und der Partner aus der Wirtschaft.

Die wesentliche fachliche Grundlage zum Thema Energieeffizienz bilden die Energieleitfäden des Landesamts für Umwelt, die für verschiedene Industriebranchen vorliegen. Links zu Behörden, Forschungseinrichtungen und

☞ Überblick zu Energieleitfäden (20)

Verbänden, Hinweise auf empfehlenswerte Publikationen und die Verknüpfung zur Förderfibel Umweltschutz runden das Angebot ab.

Die Förderfibel Umweltschutz bietet Unternehmen einen Überblick über insgesamt 77 Förderprogramme im Bereich Energie und Klima. Davon sind 17 auf Bayern beschränkt. 53 gelten in ganz Deutschland, fünf innerhalb der Europäischen Union. Sie haben als Nutzer die Wahl: Entweder Sie durchsuchen die alphabetisch aufgelisteten Programme oder Sie lassen sich per Schlagwortsuche oder Eingabe Ihres Firmenprofils geeignete Programme anzeigen. Sie erhalten Details über die Antragstellung, die Art und Höhe der Förderung, den Verwendungszweck sowie die richtigen Ansprechpartner. Bei Interesse können Sie die Antragsformulare direkt herunterladen. Praktische Tipps, wie Sie Ihre Chancen auf eine Förderung erhöhen, ergänzen das Angebot.

Ausstellungen und Publikationen

„Klima & Co.“ ist eine interaktive Ausstellung, die vom Landesamt für Umwelt 2003 konzipiert und 2007 aktualisiert wurde. In 12 Modulen erläutert sie die Zusammenhänge zwischen Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß auf der einen sowie Treibhauseffekt und Klimawandel auf der anderen Seite. Die Ausstellung richtet sich insbesondere an Jugendliche ab 14 Jahren, begeistert aber auch Erwachsene. Sie erklärt beispielsweise, wie der Mensch in den natürlichen Kohlenstoffkreislauf der Erde eingreift. Die Ausstellung will das Bewusstsein für Energie wecken und deutlich machen, dass mit jedem Energieträger ein mehr oder weniger großer CO₂-Ausstoß verbunden ist.

Die Wanderausstellung des Bayerischen Umweltministeriums „Lebensmittel: Regional = Gute Wahl auch fürs Klima!“ informiert über den Zusammenhang von Essen und Klimaschutz. Der Bereich "Ernährung" verursacht in Deutschland etwa 20 % der Treibhausgase. Importierte Lebensmittel aus fernen Ländern belasten das Klima besonders. Am Beispiel „Erdbeeren aus Südafrika, Italien und Oberbayern“ werden die Treibhausgasemissionen sowie der Erdölverbrauch in Abhängigkeit von Transportentfernung und -mittel veranschaulicht.

Anfang 2008 wurde der neue Umweltbericht Bayern der Öffentlichkeit übergeben. Er zeigt Qualitätsstandards und Ursachen für Umweltprobleme auf und macht deutlich, wo noch Handlungsbedarf besteht. Dem Klimaschutz ist ein eigenes Kapitel gewidmet. Der Bericht bietet aber darüber hinaus viele Querverweise auf andere Themen, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel ebenfalls von Interesse sind. Hierzu gehören unter anderem „Mobilität und Verkehr“, „Energie“ und „Ressourceneffizienz“.

Im Auftrag des Landesamts für Umwelt erarbeitete das „Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung (BayCEER)“ die Studie „Klimaanpassung Bayern 2020 – Der Klimawandel und seine Auswirkungen“. Experten analysierten, wie sich die globale Erwärmung auf Mensch und Natur in Bayern auswirken könnte. Die Ergebnisse wurden in einer Broschüre kompakt zusammengefasst.

Der Baustein 10 „Klimaschutz in der Lokalen Agenda“ bietet eine umfangreiche Beispiel-Sammlung von Klimaschutz-Aktivitäten für örtliche Agenda-21-Gruppen. Die vorgestellten Projekte umfassen alle Handlungsfelder: Energie; Bauen und Wohnen; Verkehr; Beschaffung, Einkauf, Abfall; Umweltmanagement und Öffentlichkeitsarbeit. Zudem stellt der Baustein Hintergrundinformationen zum Projektmanagement zur Verfügung.

Wo Firmen geeignete Förderprogramme für Ihre Vorhaben finden:

 Förderfibel Umweltschutz (21)



Wo Jugendliche die Zusammenhänge verstehen lernen:

 Die Wanderausstellung Klima & Co. (22)



 Die Wanderausstellung Lebensmittel: Regional = Gute Wahl auch fürs Klima! (23)

Umfassende Informationen zur Umwelt in Bayern: Klimaveränderungen im Ursache-Wirkungszusammenhang

 Umweltbericht Bayern 2007 (24)

 Auswirkungen des Klimawandels und Klimaanpassung Bayern 2020 (25)

Hilfestellung für Ihr Engagement vor Ort:

 Agenda-Baustein 10 (26)

Noch mehr Klima-Informationen für Bayern

Wo Bürger Unterstützung für praktischen Klimaschutz erhalten:

☐ → Energieagenturen in Bayern (27)



☐ → Regionale Klimaschutz- und Energiesparinitiativen (28)



☐ → Bayerisches Energie-Forum (29)



Wird Ihnen die Sache zu heiß?

☐ → Hitzetipps des LGL (30)



Bündnisse, Foren und Initiativen

In Bayern gibt es derzeit fünf regionale Energieagenturen und zwar in der Rhön, im Chiemgau, in Mittel- und Oberfranken sowie im Allgäu. Energieagenturen informieren darüber, wie Energie effizient genutzt werden kann. Durch ökologisch sinnvolles Handeln soll die jeweilige Region ökonomisch profitieren.

Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Initiativen und klinken Sie sich ein in Ihr lokales Netzwerk von Kommunalvertretern, Energieberatern, Vereinen und Unternehmen. Machen Sie mit beim Versuch, den Energieverbrauch zu senken und erneuerbare Energien zu fördern.

Initiativen wie etwa die „Bürgerstiftung Energiewende Oberland“, das „Bündnis Energieautarkes Ostbayern (BEO)“, „Ziel 21“ in Fürstenfeldbruck, das „energie- und umweltzentrum allgäu“ oder die „Arbeitsgemeinschaft Bayerischer Solarinitiativen“ werben ebenfalls für gemeinsame Anstrengungen im Klimaschutz. Das Motto: „Die Zukunft selbst in die Hand nehmen“. Denn Klimaschutz fängt vor der eigenen Haustüre an. Gemeinsam mit allen Interessierten sollen die besten Möglichkeiten für effizienten Energieeinsatz und Energieautarkie entwickelt werden. Ein positiver Zusatzeffekt: Die Wertschöpfung bleibt in den Landkreisen und schafft neue Arbeitsplätze.

Leiten Sie zusammen mit den Initiativen die Energiewende ein. Besuchen Sie die zahlreichen Vorträge und Seminare, lassen Sie sich beraten und werden Sie noch heute aktiv.

Suchen Sie Informationen oder den richtigen Ansprechpartner für Ihre Energiefragen? Dann besuchen Sie das Bayerische Energie-Forum. Es wurde 1997 vom Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie als leistungsfähige Informationsdrehscheibe gegründet. Jeden Monat berichtet ein Video über aktuelle Veranstaltungen. Sie finden dort Informationen zu Messen oder Kongressen zum Thema. Das Forum will Wissen weitergeben und Innovationsnetzwerke entwickeln – regional, national und international.

Weitere Informationsangebote

2003 war ein Hitzerekordjahr in ganz Mitteleuropa. Auch drei Jahre später litt Deutschland unter extremen Temperaturen im Juli. Hersteller von Mineralwasser meldeten Lieferengpässe. Für viele sind dies Vorzeichen der künftigen Klimaerwärmung. Voraussichtlich müssen wir uns auf wärmere Sommer einstellen. Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) bietet auf seiner Webseite Tipps, wie Sie sich an heißen Tagen schützen können. Zählen Sie zu den gefährdeten Personengruppen (Kleinkinder, ältere oder übergewichtige Menschen) müssen Sie besonders auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr achten. Treten erste Symptome wie Kopfschmerzen, Kreislaufbeschwerden, Unruhegefühle oder trockene Haut auf, sollten Sie wenn möglich den Schatten aufsuchen, viel trinken und sich mit kalten Waschlappen kühlen. Informieren Sie sich, wie Sie Ihre Arbeit im Büro oder im Freien trotz Hitze erträglich gestalten können und welche Verantwortung der Arbeitgeber für Sie übernehmen muss.

Energie sparen fängt beim Endverbraucher an, denn Energie, die nicht verbraucht wird, muss auch nicht erzeugt werden. Die privaten Haushalte und sonstigen Kleinverbraucher verbrauchen in Bayern ungefähr die Hälfte der

insgesamt eingesetzten Energie. Daher besteht gerade im privaten Bereich ein großes Einsparpotenzial. Das Bayerische Wirtschaftsministerium richtet sich mit umfangreichen Tipps zum Energiesparen an alle privaten Energieverbraucher. Zu den Bereichen Raumheizung, Warmwasserbereitung, Elektrogeräte und Beleuchtung und Mobilität finden Sie umfassende Informationen, mit welchen Strategien Sie in Ihrem Alltag Energie einsparen können. Die Tipps reichen von der sinnvollen Wahl der Raumtemperatur in unterschiedlichen Bereichen Ihrer Wohnung, über die Beladung Ihrer Wasch- und Geschirrspülmaschine bis zur spritsparenden Fahrweise.

Die Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern bietet in Form einer Linkliste einen Überblick zu aktuellen Fördermöglichkeiten und Richtlinien für Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Neubau und bei der Sanierung. Der Katalog umfasst Förderungen sowohl auf Bundesebene als auch auf bayerischer Ebene.

Das Thema Klimaschutz ist in aller Munde. Viele verbinden damit eine Forderung nach Verzicht: weniger Urlaubsflüge, keine tropischen Früchte mehr, Energiefresser unter den Elektrogeräten sind Tabu.

Klimaschutz bedeutet aber weit mehr als nur die ständige Suche nach Einsparpotenzialen zur Erleichterung des Gewissens. Er eröffnet Unternehmen auch jede Menge neuer Chancen. Diese gilt es zu nutzen. Wie, das zeigt Ihnen das Klimasonderheft der Industrie- und Handelskammer (IHK) für München und Oberbayern. Haben Sie schon einmal darüber nachgedacht, dass durch den Trend zu energieeffizienten Gebäuden der Wohnkomfort erheblich steigt und völlig neue Geschäftsfelder im Baugewerbe entstehen? Oder dass Anbieter von Elektrogeräten mit regelbarer Energiezufuhr in Zukunft Vorteile gegenüber der Konkurrenz haben könnten? Oder dass diejenigen, die auf ihren Produkten, Briefbögen, in der Werbung oder auf Firmenfahrzeugen mit Klimaschutz werben, Sympathiepunkte bei ihren Kunden sammeln und so den Umsatz steigern? Das IHK-Heft weist Sie auf viel versprechende Zukunftsmärkte hin, zeigt, wie man Umweltmanagementsysteme etablieren, Energie sparen und diese Maßnahmen schließlich im Marketing gezielt nutzen kann. Tipps zu Fördermöglichkeiten und Emissionszertifikaten sowie Kontakte zu wichtigen Anlaufstellen runden das Informationsangebot ab.

Interessieren Sie sich als Kommune, Zweckverband oder privater Investor für die Energiegewinnung aus Erdwärme? Dann hilft Ihnen der Bayerische Geothermie-Atlas weiter. Im Textteil finden Sie Details zu den unterschiedlichen Verfahren der Energiegewinnung, zu wirtschaftlichen Aspekten und Risiken sowie zu Genehmigungsverfahren. Karten zeigen, wo nutzbare Lagerstätten-Horizonte liegen bzw. wie die Temperaturen im Untergrund verteilt sind. Damit können Sie abschätzen, ob sich die hydrothermale Wärme- oder Stromerzeugung in Ihrer Region lohnen würde. Die Karten sind jeweils gesondert für Nord- und Südbayern als pdf-Dokumente verfügbar.

Auch für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie zur Wärmeversorgung, Kühlung und Klimatisierung kleinerer dezentraler Anlagen oder kommunaler Einrichtungen herrschen bayernweit günstige Voraussetzungen. Die Übersichtskarte zur oberflächennahen Geothermie in Bayern im Maßstab 1:200.000 gibt Ihnen eine erste Information, mit welcher der Techniken Erdwärmesonde, Erdwärmekollektor oder Grundwasserbrunnen Sie an einem gegebenen Standort am einfachsten die Erdwärme erschließen können. Die Karten sind für die Bezirke der Wasserwirtschaftsämter als pdf-Dokumente oder als georeferenzierte tif-Dateien verfügbar.

Wo Sie im Haushalt überall Energie sparen können:

 [Energiespartipps des Bayerischen Wirtschaftsministeriums \(31\)](#)

Wo Sie Links zu aktuellen Förderungen und Richtlinien finden:

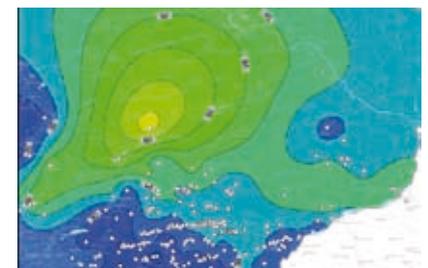
 [Linkliste der Obersten Baubehörde \(32\)](#)

Gut fürs Klima, gut für die Firma:

 [Tipps der Industrie- und Handelskammer \(33\)](#)

Wo Sie Bayerns kostenlose „Fußbodenheizung“ nutzen können:

 [Informationen zu Geothermie und zum Geothermie-Atlas \(34\)](#)



Temperaturverteilung für Südbayern 750 Meter unter der Erdoberfläche

 [Die Wanderausstellung Geothermie - Wärme aus der Erde \(35\)](#)

Literatur

Das Klimaproblem

- (1) 4. Bericht des IPCC: Solomon, S. et al. (Hrsg.) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge und New York: www.ipcc.ch
- (2) Information des Umweltbundesamts zu den Argumenten der Klimaskeptiker:
UBA (Hrsg.) (2004): Klimaänderung. Festhalten an der vorgefassten Meinung? Wie stichhaltig sind die Argumente der Skeptiker? Information des Umweltbundesamts:
www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2694.pdf
UBA (2008): Skeptiker fragen, Wissenschaftler antworten: Häufig vorgebrachte Argumente gegen den Klimawandel:
www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/klimaaenderungen/faq/skeptiker.htm
- (3) KomPass – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (UBA):
www.anpassung.net/cln_047/DE/Home/homepage__node.html?__nnn=true
- (4) KLIWA: Langzeitverhalten der Lufttemperatur: Arbeitskreis KLIWA: LUBW, LfU, DWD (2005): Erarbeitung und Bereitstellung von langen Reihen interpolierter Gitterpunktwerte (Tageswerte) und Analyse des Langzeitverhaltens von Gebietsmittelwerten der Lufttemperatur in Baden-Württemberg und Bayern. In: KLIWA-Berichte Heft 5
www.kliwa.de, Kurzfassung der Projektergebnisse: www.kliwa.de/de/ergebnisse/content7.htm
- (5) KLIWA: Langzeitverhalten von Gebietsniederschlägen: Arbeitskreis KLIWA: LUBW, LfU, DWD (2005): Langzeituntersuchungen von Gebietswertreihen des Niederschlags. In: KLIWA-Berichte Heft 7
www.kliwa.de, Kurzfassung der Projektergebnisse: www.kliwa.de/de/ergebnisse/content12.html
- (6) KLIWA: Langzeitverhalten der Schneedecke: Arbeitskreis KLIWA: LUBW, LfU, DWD (2005): Flächendeckende Analyse des Langzeitverhaltens verschiedener Schneedeckenparameter in Baden-Württemberg und Bayern. In: KLIWA-Berichte Heft 6
www.kliwa.de, Kurzfassung der Projektergebnisse: www.kliwa.de/de/ergebnisse/content23.html
- (7) Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert: Max-Planck-Institut für Meteorologie (2006): Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert, Hamburg: www.mpimet.mpg.de/fileadmin/grafik/presse/Klimaprojektionen2006.pdf
- (8) ClimChALP: Climate Change, Impacts and Adaptions Strategies in the Alpine Space (Klimawandel, Auswirkungen und Anpassungsstrategien im Alpenraum): www.climchalp.org
- (9) BMU (Hrsg.) (2007): Klimawandel in den Alpen. Fakten – Folgen – Anpassung, Berlin
www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_klimawandel_alpen.pdf
- (10) KLIWA: Regionale Klimaszenarien für Süddeutschland: Arbeitskreis KLIWA: LUBW, LfU, DWD (2006): Abschätzung der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt. In: KLIWA-Berichte Heft 9
www.kliwa.de und www.klimaprojekt-espace.bayern.de
- (11) LUBW & LfU (2006): Unser Klima verändert sich. Folgen – Ausmaß – Strategien. Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft in Süddeutschland.
- (12) KLIWA: Langzeitverhalten der Starkniederschläge: Arbeitskreis KLIWA: LUBW, LfU, DWD (2006): Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern. Trenduntersuchungen extremer Niederschlagsereignisse in Baden-Württemberg und Bayern. In: KLIWA-Berichte Heft 8: www.kliwa.de
- (13) KLIWA: Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Bayern: Arbeitskreis KLIWA: LUBW, LfU, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, DWD (2007): Klimawandel und Hochwasser. In: KLIWA-Berichte Heft 10
www.kliwa.de, Kurzfassung der Projektergebnisse: www.kliwa.de/de/ergebnisse/content5.html
- (14) ESPACE: Klimawandel und Flussgebietsplanung (LfU, Wasserwirtschaftsamt Bad Kissingen)
www.klimaprojekt-espace.bayern.de/projekt/projekt.php
- (15) Fachinformationen zum Klimawandel (LfU): www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/klimawandel_auswirkungen/auswirkungen_wasserhaushalt/index.htm
- (16) GLOWA Danube: www.glowa-danube.de
- (17) LfL (2007): Klimaveränderung und Landwirtschaft – Bestandsaufnahme und Handlungsstrategien für Bayern. 6. Kulturlandschaftstag. Schriftenreihe 13/29007, Freising
- (18) Waldzustandsbericht: StMLF (2006): www.forst.bayern.de/waldschutz/waldzustandsbericht/waldzustandsbericht2006/
www.forst.bayern.de/imperia/md/content/forst-internet/pdf/wze-2007/waldzustandsbericht_2007.pdf

- (19) Kölling, C., Zimmermann, L., Walentowski, H. (2007) : Klimawandel – Was geschieht mit Buche und Fichte? In: AFZ-DerWald 11/2007, S. 584-588
- (20) Verschiebung des Frühlingsbeginns: Klimaatlas von Bayern (1996). Bayerischer Klimaforschungsverbund. www.schneefernerhaus.de/atlas-neu.html
- (21) Klimawandel und Zugvögel: Böhning-Gaese, K. (2006): Klimawandel und Avifauna. Vortrag auf der Tagung „Klimaveränderung und Natura 2000“, Insel Vilm
- (22) Kudernatsch, T (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf alpine Pflanzengesellschaften im Nationalpark Berchtesgaden. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsberichte 52, Berchtesgaden
- (23) Hitzewelle 2003: Koppe, C. et al. (2003): Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. In: Klimastatusbericht: Deutscher Wetterdienst: S. 152-162. www.dwd.de
- (24) FSME-Risikogebiete: Robert Koch Institut (2007): FSME: Risikogebiete in Deutschland. In: Epidemiologisches Bulletin Nr. 15: www.rki.de
- (25) Agrawala, S. (Ed.) (2007): Climate Change in the European Alps – Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management. OECD Publishing: www.sourceoecd.org/environment/9264031685
- (26) Arbeitsgruppe Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (2007): Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen – Analysen und Ergebnisse, Düsseldorf. www.ugrdl.de

Klimapolitik – Ziele und Programme

- (1) Stern-Report: Stern Review on the economics of climate change www.hm-treasury.gov.uk/Independent_Reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm
- (2) Kyoto-Protokoll (BMU): www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/kyoto_protokoll/doc/5802.php
- (3) Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung (BMU): www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf
- (4) Klimaprogramm Bayern 2020 (StMUGV): www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm/doc/klimaprogramm2020.pdf
- (5) Förderschwerpunkt kommunale Energieeinsparkonzepte (StMWIVT): www.stmwivt.bayern.de/energie-und-rohstoffe/foerderung-beratung/foerderprogramme/programme_bayern/energie_kommunal.html
- (6) CO₂-Minderungsprogramm (StMUGV): www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/foerderung/index.htm
- (7) Bayerisches Programm Rationellere Energiegewinnung und Verwendung (StMWIVT): www.stmwivt.bayern.de/energie-und-rohstoffe/foerderung-beratung/foerderprogramme/programme_bayern/energie_rationell.html
- (8) Technologie- und Förderzentrum des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten (StMLF): www.tfz.bayern.de
- (9) Förderfibel Umweltschutz (StMUGV): www.izu.bayern.de/foerder/index_foerder.php
- (10) BMU-Broschüre zu Fördergeldern: „Fördergeld für Energieeffizienz und erneuerbare Energien“: www.bmu.de/energieeffizienz/downloads/doc/36207.php

Klimaschutz – Minderung der Emissionen

- (1) StMUGV (2008): Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden – Planungsleitfaden. www.bestellen.bayern.de
- (2) Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (2008): 5. Energiebericht der bayerischen staatlichen Hochbauverwaltung. München: www.innenministerium.bayern.de/imperia/md/content/stmi/bauen/themen/gebaeude_energie/veroeffentlichungen/energiebericht_5_.pdf
- (3) Informationen zur Klima-Allianz (StMUGV): www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/initative/index.htm
- (4) Informationen zur Initiative „Umweltbildung.Bayern“ (StMUGV): www.umweltbildung.bayern.de
- (5) Förderfibel Umweltschutz (StMUGV): www.izu.bayern.de/foerder/index_foerder.php
- (6) Informationen zum „European Energy Award“: www.energieagentur-oberfranken.de
- (7) Informationen zum Klimahaus Bayern (CIPRA): www.klimahaus-bayern.de
- (8) CO₂-Minderungsprogramm für Kommunale Liegenschaften (StMUGV): www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/foerderung/index.htm
- (9) Informationen zum Klima-Bündnis: www.klimabuendnis.org
- (10) BMU (Hrsg.) (2005): Strategien für eine Halbierung der CO₂-Emissionen am Beispiel der Stadt München, Berlin: www.muenchen.de/cms/prod1/mde/_de/rubriken/Rathaus/70_rgu/07_wohnen_bauen/energie/pdf/co2_broschuere.pdf
- (11) Bayerischen Klimawoche (StMUGV): www.klimawoche.bayern.de

- (12) Gefährdetes Klima – Studie des Beirats des Beauftragten des Rates der EKD für Umweltfragen. EKD-Text 52, 1995: Warum soll sich die Kirche zum Thema Klimaschutz äußern: www.ekd.de/EKD-Texte/44652.html
- (13) Sekretariat der Deutschen Bischofskonferenz (Hrsg.) (2006): Der Klimawandel – Brennpunkt globaler, intergenerationaler und ökologischer Gerechtigkeit. Ein Expertentext zur Herausforderung des globalen Klimawandels, Nr. 29, Bonn
- (14) WWWegweiser Klimaschutz: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2007): WWWegweiser Klimaschutz – Eine Fibel für den klimabewussten Verbraucher, München
www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/index.htm
- (15) Tagesaktuelle Liste mit verbrauchsarmen Geräten des Energielabels Deutschland: www.energielabel.de
- (16) Infozentrum „UmweltWissen“ (LfU): www.lfu.bayern.de/umweltwissen/klima_energie/index.htm
- (17) Tipps des Bayerischen Staatsministeriums des Innern für die energetische Sanierung von Eigenheimen: Broschüren „Modernisieren und Sparen“ (2005) sowie „Planungshilfe Energiesparendes Bauen“ (2003):
www.innenministerium.bayern.de/bauen/themen/gebraeude-energie/
- (18) ModernuS – Sanierungsspiel „Modernisieren und Sparen“: www.solid.de/modernus
- (19) Fragen und Antworten zum Energieausweis der deutschen Energie-Agentur (dena):
www.zukunft-haus.info/de/verbraucher/energieausweis/fragen-und-antworten.html
- (20) Informationen zu Nutzung von Erdwärme (StMUGV): www.geothermie.bayern.de
- (21) Schallaböck, O. (2007): Luftverkehrsstudie 2007 – Im Steigflug in die Klimakatastrophe?
www.klima-aktiv.com/article30_5857.html
- (22) CO₂-Rechner des LfU: www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_rechner/index.htm
- (23) LfU (2005): Klima schützen – Kosten senken. Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe, Augsburg: www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/energieleitfaden.pdf
- (24) Infozentrum „UmweltWirtschaft“ (LfU): www.izu.bayern.de
- (25) LfU (2007): Wir handeln – Gute Beispiele aus der betrieblichen Praxis – Zum Anregen und Nachahmen, Augsburg:
www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_agd_00044.htm
- (26) StMUGV (2007): Wegweiser zur Klimaneutralität – Klimabewusstes Handeln im Unternehmen
www.bestellen.bayern.de
- (27) Umweltpakt Bayern (StMUGV): www.umweltpakt.bayern.de
- (28) StMLF (Hrsg.) (2005): Gesamtkonzept Nachwachsende Rohstoffe, München
www.stmlf.bayern.de/agrarpolitik/schwerpunkte/12840/linkurl_1_2.pdf
- (29) Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing: www.konaro.bayern.de
- (30) Klimaprogramm Bayern 2020 (StMUGV):
www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm/doc/klimaprogramm2020.pdf

Anpassung – Reagieren auf das Unvermeidliche

- (1) Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete (LfU):
www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/iueg/index.htm
- (2) Hochwassernachrichtendienst (LfU): www.hnd.bayern.de
- (3) Anpassungsmaßnahmen für die Landwirtschaft: LfL (2007): Klimaveränderung und Landwirtschaft – Bestandsaufnahme und Handlungsstrategien für Bayern. 6. Kulturlandschaftstag. Schriftenreihe 13/29007, Freising
- (4) BayernTourNatur (StMUGV): www.stmugv.bayern.de/aktionen/tournatur/index.htm
- (5) BayernNetzNatur (StMUGV): www.stmugv.bayern.de/umwelt/naturschutz/baynetznatur/umsetzung.htm
- (6) Warnhinweise des DWD: www.wettergefahren.de
- (7) Hitzetipps des LGL: www.lgl.bayern.de/gesundheit/sonne.htm
- (8) Informationen und Hitzetipps des Umweltbundesamts: UBA & DWD (2008): Klimawandel und Gesundheit. Informationen zu gesundheitlichen Auswirkungen sommerlicher Hitze und Hitzewellen und Tipps zum vorbeugenden Gesundheitsschutz: www.umweltbundesamt.de/gesundheit/index.htm
- (9) Aktion der bayerischen Ministerien (StMUGV, StMUK, StMAS): Sonne mit Verstand: www.sonne-mit-verstand.de

Forschung, Entwicklung, Information

- (1) Kippelemente im Klimasystem der Erde: Pressemitteilung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung:
<http://idw-online.de/pages/de/news245352>

- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., Schellnhuber, H. J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 105, No. 6, S. 1786-1793: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0705414105
- (2) BayFORKLIM: Auswirkungen der Klimaänderungen in Bayern: www.abayfor.de/forklim/index.php
 - (3) KLIWA: Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft – KLIWA-Hefte: www.kliwa.de
 - (4) BayFORKAST: Auswirkungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien: www.bayfor.de
 - (5) BayFORETA: Energieeffiziente Technologien und Anwendungen: www.bayfor.de
 - (6) KW 21: Kraftwerke des 21. Jahrhunderts: www.abayfor.de/kw21
 - (7) Permafrostmessungen an der Zugspitze (LfU):
www.lfu.bayern.de/geologie/forschung_und_projekte/permafrost_zugspitze/index.htm
 - (8) Gefahrenhinweiskarten (LfU):
www.lfu.bayern.de/geologie/forschung_und_projekte/gefahrenhinweiskarte_oberallgaeu/index.htm
 - (9) Ausbau der Forschungen am Schneefernerhaus: www.schneefernerhaus.de
 - (10) ClimChAlp: Klimawandel, Auswirkungen und Anpassungsstrategien im Alpenraum: www.climchalp.org
 - (11) GLOWA Danube: Analyse des Wasserhaushalts im Donau-Einzugsgebiet und Hinweise zum Management großer Wassereinzugsgebiete: www.glowa-danube.de
 - (12) klimazwei (BMBF): praxisorientierte Handlungsstrategien für den Klimaschutz: www.klimazwei.de
 - (13) Hochwassernachrichtendienst (LfU): www.hnd.bayern.de
 - (14) Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete (LfU):
www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/iueg/index.htm
 - (15) Informationsdienst Alpine Naturgefahren (LfU): www.lfu.bayern.de/wasser/fachinformationen/ian/index.htm
 - (16) GEORISK-Informationssystem (LfU): www.lfu.bayern.de/geologie/fachinformationen/hangbewegungen/index.htm
BIS: www.bis.bayern.de/bis/umleitung.do
 - (17) Infozentrum „UmweltWissen“ (LfU): www.lfu.bayern.de/umweltwissen/klima_energie/index.htm
 - (18) CO₂-Rechner des LfU: www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_rechner/index.htm
 - (19) Infozentrum „UmweltWirtschaft“ (LfU): www.izu.bayern.de
 - (20) Überblick zu Energieleitfäden (LfU): www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/index.htm
 - (21) Förderfibel Umweltschutz (StMUGV): www.izu.bayern.de/foerder/index_foerder.php
 - (22) Die Wanderausstellung Klima & Co. (LfU): www.lfu.bayern.de/veranstaltungen/ausstellung_klima.htm
 - (23) Die Wanderausstellung Lebensmittel: Regional = Gute Wahl auch fürs Klima! (StMUGV):
www.stmugv.bayern.de/aktuell/veranstaltungen/leihhaus/lebensmittel.htm
 - (24) Umweltbericht Bayern (LfU): www.lfu.bayern.de/themenuebergreifend/fachinformationen/umweltbericht/index.htm
 - (25) Auswirkungen des Klimawandels und Klimaanpassung Bayern 2020:
www.bayceer.de/bayceer/en/pub/pub/pub_detail.php?id_obj=54823
 - (26) KommA21 Bayern (2005): Klimaschutz in der lokalen Agenda 21. Agenda-Baustein 10
www.lfu.bayern.de/komma21/bausteine/index_bausteine.php
 - (27) Energieagenturen in Bayern: www.energieagenturen.de
 - (28) Regionale Klimaschutz- und Energiesparinitiativen (StMUGV):
www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/initiative/partner.htm
 - (29) Bayerische Energie-Forum: www.bayerisches-energie-forum.de/portal/loader.php
 - (30) Hitzetipps des LGL: www.lgl.bayern.de/gesundheit/sonne.htm
www.lgl.bayern.de/arbeitsschutz/arbeitsmedizin/taetigkeiten_sommerhitze.htm
 - (31) Energiespartipps des Bayerischen Wirtschaftsministeriums (StMWIVT):
www.stmwivt.bayern.de/energie-und-rohstoffe/energiespartipps/
 - (32) Tipps der Industrie- und Handelskammer: Sonderheft Klimaschutz:
www.ihk-muenchen.de/internet/mike/ihk_geschaeftsfelder/innovation/Umwelt_/Praxis/Sonderheft_Klimaschutz.html
 - (33) Linkliste der Obersten Baubehörde: www.stmi.bayern.de/bauen/themen/gebaeude-energie/16546/
 - (34) Informationen zu Geothermie (StMUGV, LfU):
www.stmugv.bayern.de/umwelt/boden/geothermie/index.htm
www.lfu.bayern.de/geologie/fachinformationen/geothermie/geothermie_oberflaechennah/index.htm
www.lfu.bayern.de/geologie/fachinformationen/geothermie/geothermie_tief/index.htm
Geothermie-Atlas (StMWIVT): www.stmwivt.bayern.de/energie-und-rohstoffe/rohstoffe/#geothermie
 - (35) Die Wanderausstellung Geothermie - Wärme aus der Erde (StMUGV):
www.stmugv.bayern.de/umwelt/boden/geothermie/doc/ausstellungstafeln.pdf

Abkürzungen zitierter Institutionen und Projekte

BayFORETA	Bayerischer Forschungsverbund „Energieeffiziente Technologien und Anwendungen“
BayFORKAST	Bayerischer Forschungsverbund „Auswir- kungen des Klimas auf Ökosysteme und klimatische Anpassungsstrategien“
BayFORKLIM	Bayerischer Klimaforschungsverbund
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Natur- schutz und Reaktorsicherheit
CIPRA	Internationale Alpenschutzkommission (Commission Internationale pour la Protec- tion des Alps)
ClimChAlp	Klimawandel, Auswirkungen und Anpas- sungsstrategien im Alpenraum
DWD	Deutscher Wetterdienst
ESPACE	Hochwasserschutz und Klimawandel (European Spatial Planning: Adapting to Climate Events)
GLOWA	Globaler Wandel des Wasserkreislaufs
IPCC	Zwischenstaatlicher Ausschuss über Kli- maänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change)
KLIWA	Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft
KW21	Forschungsinitiative Kraftwerke des 21. Jahrhunderts
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LGL	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusam- menarbeit und Entwicklung (Organi- sation for Economic Co-Operation and Development)
StMAS	Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen
StMLF	Bayerisches Staatsministerium für Land- wirtschaft und Forsten
StMUGV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
StMUK	Bayerisches Staatsministerium für Unter- richt und Kultus
StMWIVT	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie
UBA	Umweltbundesamt

Glossar

aper: heißt schneefrei.

BayernNetzNatur: dient der Umsetzung des Bayerischen Arten- und Biotopschutzprogramms. Eine Projektgruppe unter der Leitung des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz unterstützt die konkrete Umsetzung von Maßnahmen in Naturschutzprojekten, den so genannten BayernNetzNatur-Projekten.

Biomass-to-liquid-Technologien (BtL): ist der Sammelbegriff für alle diejenigen Verfahren, die aus Biomasse flüssige, synthetische Kraftstoffe erzeugen. Die Qualität der Kraftstoffe ist sehr hoch, sie verbrennen sehr effizient und sauber.

Bodenfruchtbarkeit: ist das Maß für die Eignung eines Bodens für das Pflanzenwachstum; ausgedrückt wird seine Fähigkeit, Pflanzennährstoffe zu speichern und bei Bedarf an die Pflanzen abzugeben, die Pflanzenbestände optimal mit Bodenwasser und Bodenluft zu versorgen und durch eine hohe biologische Aktivität ein optimales Wurzelwachstum sowie eine rasche Umsetzung der organischen Substanz zu ermöglichen. Für die Bodenfruchtbarkeit spielen der Humusgehalt und die organische Substanz des Bodens eine Schlüsselrolle.

Borreliose: bzw. Lyme-Borreliose ist eine bakterielle Infektion durch Borrelien. Die sehr unterschiedlichen Symptome und deren Schweregrad reichen von Hautrötungen (so genannter Wanderröte), Kopfschmerzen und Fieber über Lähmungserscheinungen und neurologische Ausfälle bis hin zur Lyme-Arthritis, die Monate bis Jahre nach der Infektion auftreten kann.

CO₂-Äquivalent: einheitliches Maß, auf das die klimawirksamen Gase unter Berücksichtigung ihrer Klimawirksamkeit umgerechnet werden.

CO₂-Senken: s. Treibhausgas-Senken

effizient: ist ein Verhalten oder Verfahren dann, wenn der für die Erreichung eines Ziels oder einer Wirkung erforderliche Aufwand möglichst gering gehalten wird. Die Energieeffizienz definiert das Maß, in dem es gelingt, die Energieverluste klein zu halten, also möglichst viel Nutzenergie aus der in ein Gerät oder eine Energieumwandlungskette geflossenen Energie zu gewinnen. Effizienz ist folglich ein Maß für die Wirtschaftlichkeit.

Eistag: Temperaturkenntag, an dem die Maximumtemperatur unter 0 Grad liegt

El Niño: (spanisch für „Christkind“ oder auch „das Kind“) nennt man das Auftreten ungewöhnlicher, nicht zyklischer, veränderter Meeresströmungen. Normalerweise strömt warmes Oberflächenwasser auf dem Pazifik von Südamerika in Richtung Westen, nach Indonesien. Bei einem El Niño kehrt sich dieser Prozess durch eine Verschiebung der Windzonen um. Innerhalb von ungefähr drei Monaten strömt die Warmwasserschicht von Südostasien

nach Südamerika. Der Ostpazifik vor Südamerika erwärmt sich, während vor Australien und Indonesien die Wassertemperatur absinkt. El Niño ist ein natürliches Klimaphänomen; es wird jedoch vermutet, dass es durch den anthropogenen Treibhauseffekt noch verstärkt wird. Von 1982 bis 1983 und 1997 war El Niño stark und ungewöhnlich ausgeprägt. Seit Ende 2006 wird das Phänomen auf Satellitenbildern erneut deutlich. El Niño beeinflusst die Wettermuster auf drei Vierteln der Erde. Zu den typischen Geschehnissen gehören unter anderem Überschwemmungen entlang der westlichen Küste Südamerikas, Trockenheit im Amazonasgebiet, Wirbelstürme vor Mexiko und trockenheitsbedingte Waldbrände in Australien.

endemisch: sind Pflanzen und Tiere dann, wenn sie ausschließlich in einem bestimmten, klar räumlich abgegrenzten Gebiet und nirgendwo sonst auf der Erde vorkommen. Der Begriff kann sowohl für Arten, Gattungen oder auch Familien von Lebewesen angewendet werden.

Endenergieverbrauch: errechnet sich aus der Primärenergieerzeugung abzüglich der Umwandlungsverluste, z. B. bei der Stromerzeugung.

Frosttag: Temperaturkenntag, an dem die Minimumtemperatur unter 0 Grad liegt

FSME: ist die Frühsommer-Meningoenzephalitis. Es handelt sich um eine Virus-Infektion. Nach Infektion kann es zu grippeähnlichen Symptomen (Fieber, Kopfschmerzen, Erbrechen, Schwindelgefühl) kommen, später zu Hirnhaut- oder Gehirnentzündung.

Geothermie: oder Erdwärme ist die im oberen und zugänglichen Teil der Erdkruste gespeicherte Wärme. Sie umfasst die in der Erde gespeicherte Energie, soweit sie entzogen und genutzt werden kann, und zählt zu den regenerativen Energien. Sie kann sowohl direkt genutzt werden, etwa zum Heizen und Kühlen (Wärmepumpenheizung), als auch zur Erzeugung von elektrischem Strom oder in einer Kraft-Wärme-Kopplung.

Heißer Tag: Temperaturkenntag, an dem die Maximumtemperatur über 30 Grad steigt

hundertjähriger Hochwasserabfluss: Die Jährlichkeit eines Wasserstands oder Abflusses gibt an, in welchem Zeitraum dieser Wert im statistischen Mittel einmal erreicht oder überschritten wird. Das 100-jährliche Hochwasser (HQ100) ist ein Ereignis, das statistisch gesehen in 100 Jahren einmal auftritt.

hydrologischer Sommer: beginnt am 1.5. eines Jahres und dauert bis zum 31.10.

hydrologischer Winter: beginnt am 1.11. eines Jahres und dauert bis zum 30.4. des darauffolgenden Jahres.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen). Der IPCC wurde 1988 von der WMO (World Meteorological Organisation) und UNEP (Umwelt-Programm der Vereinten Nationen) gegründet und hat seinen Sitz in Genf, Schweiz. Die bisher erschienenen vier Sachstandsberichte des IPCC

zur Klimaänderung geben den jeweils neuesten Stand der Forschung zum Klimawandel wieder. Der IPCC erhielt gemeinsam mit Al Gore im Oktober 2007 den Friedensnobelpreis für das Bemühen, das Wissen über die vom Menschen verursachte Klimaänderungen zu erweitern und zu verbreiten und die Grundlagen für Maßnahmen gegen den Klimawandel zu erarbeiten.

Isotopenanalyse: dient unter anderem der wissenschaftlichen Untersuchung über Zusammensetzung und Alter (historischer) Biomaterialien. Das Standard-Verfahren hierbei ist die so genannte Radiocarbon-Methode. Durch den radioaktiven Zerfall von ^{14}C -Molekülen (mit einer Halbwertszeit von 5.600 Jahren) kann im Vergleich zu bekannten Kalibrierungsdaten das absolute Alter einer Probe angegeben werden. Im Falle von menschlichem Gewebe wird mit dem Eintritt des Todes kein weiteres ^{14}C aus der Nahrungskette aufgenommen, so dass in diesem Falle der Zerfall von ^{14}C die Dauer zwischen Todeszeitpunkt und Datum der Messung wiedergibt. Die aktuelle Messgenauigkeit solcher Datierung liegt inzwischen bei rund 40 Jahren.

Klima: ist der statistisch gemittelte Zustand der Atmosphäre über Jahrzehnte.

Klimarahmenkonvention: der Vereinten Nationen (engl. United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) ist ein internationales Umweltabkommen mit dem Ziel, eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems zu verhindern und die globale Erwärmung zu verlangsamen sowie ihre Folgen zu mildern. Die wichtigste Verpflichtung der Konvention besteht für alle Vertragspartner darin, regelmäßige Berichte mit Fakten zur aktuellen Treibhausgas-Emission und Trends zu veröffentlichen. Die Klimarahmenkonvention wurde 1992 in New York City verabschiedet und im gleichen Jahr auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro von den meisten Staaten unterschrieben.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK): macht bei der stofflichen oder physikalischen Umwandlung von Energiequellen nicht nur die entstehende mechanische oder elektrische Arbeit, sondern auch die Wärme zu weiten Teilen nutzbar. Im Gegensatz zu thermischen Wärmekraftwerken, die nur auf Stromproduktion ausgelegt sind, wird bei KWK-Anlagen durch die gleichzeitige Abgabe von Strom und Wärme ein sehr viel höherer Nutzungsgrad (bis zu 90 %) erreicht, wodurch Brennstoff eingespart werden kann, wenn Abnehmer der Wärme zur Verfügung stehen (wie z. B. über ein Fernwärmenetz). Seit rund 10 Jahren kommen zunehmend auch so genannte Mikro-KWK-Anlagen für den Einsatz in Einfamilienhäusern, Wohngebäuden, kleineren Gewerbebetrieben und Hotels auf den Markt.

Kyoto-Protokoll: ist ein internationales Abkommen, mit dem 1997 erstmals verbindliche Ziele für die weltweite Reduktion der sechs wichtigsten Treibhausgase vereinbart wurden: Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffoxid (Lachgas, N_2O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe

(H-FKW, HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW, PFC) und Schwefelhexafluorid (SF_6). Die im Annex B des Kyoto-Protokolls aufgeführten Vertragsstaaten verpflichten sich auf eine Minderung dieser Treibhausgas-Emissionen um insgesamt 5,2 % im Zeitraum 2008-2012 (bezogen auf das Jahr 1990), wobei eine Differenzierung je nach sozialen Gegebenheiten und wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorgenommen wurde. Das Kyoto-Protokoll ist am 16. Februar 2005 in Kraft getreten.

Kurzstreckenzieher: Vogelarten, die den Winter im Mittelmeerraum verbringen.

Langstreckenzieher: Vogelarten, die den Winter in Afrika südlich der Sahara verbringen.

Lufttemperatur: ist die Temperatur der bodennahen Atmosphäre, die weder von Sonnenstrahlung noch von Bodenwärme oder Wärmeleitung beeinflusst ist. In der Meteorologie wird die Lufttemperatur in einer Höhe von zwei Metern gemessen.

Mulchwirtschaft: basiert auf dem Einsatz von Mulch, einer Bodenabdeckung mit organischem Material im Wurzelbereich der Kulturpflanzen. Das Mulchen hat verschiedene positive Auswirkungen auf das Wachstum und die Gesundheit der Kulturpflanzen. Die Abdeckung unterdrückt den Unkrautwuchs, erhält die Bodenfeuchtigkeit länger im Bereich der durchwurzelteten Erdschicht und führt dem Boden die im organischen Mulchmaterial enthaltenen Nährstoffe in pflanzengerechten Konzentrationen zu. Bei konservierender Bodenbearbeitung wird der Boden nicht wendend gepflügt, sondern nur gelockert. Damit verbleiben Ernteresste als Mulch fast vollständig auf der Bodenoberfläche.

Natura 2000: ist ein länderübergreifendes Schutzgebietssystem innerhalb der Europäischen Union. Natura 2000-Gebiete sind Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung bzw. besondere Schutzgebiete der Europäischen Union, die entweder der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie von 1992) oder der Vogelschutzrichtlinie (von 1979) entsprechen.

Niedrigwasser: bezeichnet einen Wasserstand von Gewässern, der deutlich unter einem als normal definierten Zustand liegt.

Normallandschaft: ist die „genutzte Landschaft“ (entspricht über 90 % der Fläche Deutschlands). Sie ist der Bezugsraum für den bundesweiten Nachhaltigkeitsindex für die Artenvielfalt.

Ökologische Senken: s. Treibhausgas-Senken

ppm: parts per million (zu Deutsch: Teile pro Million) entspricht der Zahl 10^{-6} und wird in der Wissenschaft für den millionsten Teil verwendet, so wie Prozent für den hundertsten Teil steht. Mit ppm wird auch häufig die Konzentration eines Gases in der Atmosphäre beschrieben: 280 ppm CO_2 bedeuten 280 Moleküle Kohlendioxid je 1 Million Luftmoleküle.

Phänologie: befasst sich mit den im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Erscheinungen der Pflanzen und

Tiere. Es werden z. B. die Eintrittszeiten charakteristischer Vegetationsstadien (Austrieb, Blüte, Fruchtansatz, Reifebeginn, Reife, Laubfall) oder Zugverhalten und Paarungszeit von Vögeln beobachtet und festgehalten.

Präzisionsackerbau: ist ein Verfahren der ortsdifferenzierten und zielgerichteten Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Ziel ist es dabei, die Unterschiede des Bodens und der Ertragsfähigkeit sowie des aktuellen Pflanzenbestands innerhalb eines Feldes zu berücksichtigen und die landwirtschaftlichen Bearbeitungsgänge wie Saat oder die Ausbringung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln darauf abzustimmen. Die Maschinen und Geräte für den Präzisionsackerbau verwenden zur Positionsbestimmung innerhalb eines Feldes in der Regel Navigationssysteme und GPS-Empfänger sowie spezielle Ausrüstungen für eine flächenspezifische Ausbringung von Betriebsmitteln. Präzisionsackerbau eignet sich vor allem für große Betriebe, die ausgedehnte Flächen mit unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit bewirtschaften. Die Bauern können so erhebliche Mengen an Betriebsmitteln einsparen.

Primärenergieverbrauch: ist der Verbrauch von Energie in ursprünglicher, noch nicht technisch aufbereiteter Form z. B. Rohöl, Kohle, Uran, Biomasse, Solarstrahlung, Wind.

Rhizomania: ist eine von Viren ausgelöste Pflanzenkrankheit, auch Wurzelbärtigkeit genannt, von der insbesondere Zuckerrüben und Kartoffeln befallen werden. Die Krankheit äußert sich in einer Vielzahl von stark verzweigten Wurzeln und Kleinwüchsigkeit. Befallene Zuckerrüben liefern wenig oder gar keinen Zucker.

Schneedeckendauer: ist die Anzahl der Tage mit einer Schneedecke.

Schneedeckenzeit: Zeitspanne vom ersten bis letzten Schneedeckentag einschließlich schneedeckenfreier Tage

Sommertag: Temperaturkenntag, an dem die Maximumtemperatur über 25 Grad steigt

Sonnenaktivität: ist die Abweichung der Sonnenstrahlung vom gleichmäßigen Fluss. Im sichtbaren Licht erkennt man sie seit langem an der wechselnden Zahl der Sonnenflecken, die einem 11-jährigen (Schwabe-Zyklus) und einem 80-jährigen Zyklus (Gleissberg-Zyklus) folgen. Ursache der Veränderungen auf der Sonne ist ihr Magnetfeld. Alle 11 Jahre polt sich das globale Magnetfeld der Sonne um, nach 22 Jahren ist also ein kompletter Zyklus durchlaufen.

Standvogel: Vogelarten, die den Winter im Wesentlichen im Brutgebiet verbringen

Stern-Report: ist ein 2006 veröffentlichter Bericht des ehemaligen Weltbank-Chefökonom und jetzigen Leiters des volkswirtschaftlichen Dienstes der britischen Regierung Nicholas Stern zu den wirtschaftlichen Folgen der globalen Erwärmung

Terajoule: entspricht einer Energiemenge von 10^{12} Joule (1 Joule erwärmt 1 Gramm Luft um 1 Grad bei einem Luftdruck 1.013 Hektopascal)

Treibhausgas-Senken: sind nach der Klimarahmenkonvention Prozesse, Aktivitäten und Mechanismen, die

Treibhausgase aus der Atmosphäre entfernen. Bei einer Steigerung der Senkenleistung geht es darum, möglichst viel Kohlenstoff zusätzlich in das System zu führen und möglichst lange darin zu binden.

Trockentage: sind Tage mit Niederschlägen von weniger als 1 Liter pro Quadratmeter.

Vertragsstaatenkonferenz: (auch Welt-Klimagipfel) ist die jährlich stattfindende Konferenz (Conference of the Parties, COP) der UN-Klimarahmenkonvention. Seit 2005 ist die Konferenz um das Treffen der Mitglieder des Kyoto-Protokolls ergänzt worden (Meeting of the Parties, MOP). Ziel der Klimakonferenzen ist mittlerweile, Nachfolgevereinbarungen für das 2012 auslaufende Kyoto-Protokoll zu entwickeln.

Wetter: ist der Zustand der Atmosphäre über Stunden bis Tage.

Winterdecke: längste Schneedeckenperiode

Zwischenstaatlicher Ausschuss über Klimaänderungen: s. IPCC

Bildnachweis

- Dieter Lothar Adam, München Seite: 52
- Archiv der Kommission für Glazio-
logie der Bayerischen Akademie der
Wissenschaften, München Seite: 24
- Bayerisches Landesamt für Gesund-
heit und Lebensmittelsicherheit,
Erlangen Seite: 31 u.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt,
Augsburg Seiten: 54, 57, 68 o., 79, 83
- ©Deutscher Wetterdienst,
Offenbach (DWD) Seite: 10
- Matthis Drösler, Freising Seiten: 51 u., 65
- Andreas Fisel, Fischen Seite: 33
- Hans-Joachim Fünfstück,
Garmisch-Partenkirchen Seite: 29 o.
- Claus Hensold, Augsburg Seite: 69
- Walter Joswig, Bayreuth Seite: 29 u.
- Markus Keck, Günzburg Seite: 48
- Sigrun Lange, München Seiten: 12 o., 13, 84
- Joachim Nittka, Augsburg Seite: 28 u.
- picture-alliance / dpa, Frankfurt Seiten: Titelbild, 3, 4, 5, 8, 11, 12 u., 15, 17, 20, 22, 25, 27, 28 o., 30, 31 o., 34,
36, 37, 38, 40, 42, 46, 51 o., 53, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 68 u., 70, 71, 72, 74, 75, 76
- Rhön Tourismus GbR Seite: 32 u.
- Konstanze Schönthaler, Freising Seiten: 16, 21, 23 u., 32 o., 39
- United Nations Environment
Programme (UNEP) und Climate
Change Secretariat (UNFCCC) – 2002 Seite: 43
- Wasserwirtschaftsamt Deggendorf Seite: 23 o.

BAYERN I DIREKT Tel.: 0180 1 201010
3,9 ct/min aus dem deutschen Festnetz;
max. 42 ct/min aus den Mobilfunknetzen.