

Bayerns Klima im Wandel

Heute und in der Zukunft

klima

Diese Broschüre informiert über den Verlauf des Klimawandels in Bayern, um eine Anpassung vor Ort zu ermöglichen. Auch die weltweiten Folgen der Erderwärmung werden in Bayern zu spüren sein. Stürme, Dürren oder ein steigender Meeresspiegel in anderen Regionen der Erde wirken sich stark auf den Welthandel und globalisierte Beziehungen aus.

Klimawandel vor der Haustür

Hitzewellen, schmelzende Gletscher, Sturzfluten – die Folgen der globalen Erwärmung sind schon heute spürbar. Langzeitmessungen bestätigen, dass sich das Klima in Bayern in den vergangenen 70 Jahren bereits deutlich verändert hat.

Was die Klimazukunft bringt

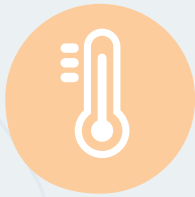
Der Klimawandel ist weltweit eine der größten Bedrohungen für Mensch und Umwelt. Ursache der Klimaveränderung ist die Zunahme des Gehalts an Treibhausgasen in der Atmosphäre. Das hat einen globalen Temperaturanstieg zur Folge. Die weltweite Durchschnittstemperatur liegt heute 1,1°C über dem vorindustriellen Niveau. Weil sich Kontinente schneller erwärmen als Meere, ist in Bayern die Erwärmung seit 1881 fast doppelt so stark.

Was das konkret für Bayerns Klimazukunft bedeutet, lässt sich mithilfe von Simulationen abschätzen. Sie zeigen, wie sich zum Beispiel künftig die Temperaturen im Sommer oder im Winter entwickeln könnten. Auf dieser Grundlage lassen sich auch notwendige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel umsetzen.

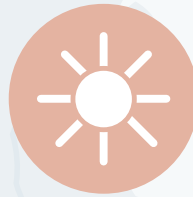
Wetter oder Klima?

Das Wetter beschreibt den Zustand der Atmosphäre in einem Zeitraum von wenigen Stunden bis Tagen. Wetter ist spürbar, Klima dagegen nicht. Das Klima ist eine statistische Größe, die das durchschnittliche Wettergeschehen über eine Zeitspanne von mindestens 30 Jahren beschreibt. Eine Veränderung des Klimas wirkt sich auch auf das Wetter aus: In einem warmen Klima sind extrem warme Jahre wahrscheinlicher als in einem kühlen Klima.

So hat sich das Klima in Bayern verändert:
Trend von 1951 bis 2019



**Steigende
Jahresmitteltemperatur**
+1,9°C



Heiße Sommer
+9 Tage im Jahr
über 30°C



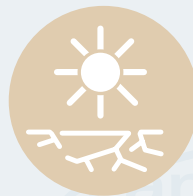
Warme Winter
-15 Tage im Jahr unter 0°C



Jahresniederschlag
kein klarer Trend



Starkregen
im Frühjahr bis zu
30% intensiver*



Trockene Sommer
-13% Niederschlag

*maximaler Niederschlag pro Tag

Bayern

Fläche:

70.550 km²

Höhe:

102 bis 2.962 m über NN

Mittlere Höhe:

511 m über NN

Alle in der Broschüre angegebenen Klimazahlen sind Durchschnittswerte für Bayern. Manche Werte variieren je nach Höhenlage sehr stark.

Der Erwärmung ein Limit setzen

Mit zunehmender Erwärmung steigt das Risiko eines klimatischen Dominoeffekts: Es könnten Prozesse einsetzen, die die Erderhitzung massiv beschleunigen würden. Dazu gehört etwa das Abschmelzen des Grönlandeises oder ein mögliches Vertrocknen des Amazonas-Regenwaldes. Das Klimasystem wäre dann selbst mit drastischem Klimaschutz nicht mehr kontrollierbar. Auch um solche Dominoeffekte möglichst zu verhindern, hat sich die Weltgemeinschaft im Pariser Klimaschutzabkommen von 2015 darauf geeinigt, die globale Erderwärmung auf deutlich unter 2°C, möglichst auf unter 1,5°C, gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Das mag nach einem kleinen Unterschied klingen, doch die Folgen sind weitreichend: Korallenriffe könnten zum Beispiel bei zusätzlichen 1,5°C noch erhalten bleiben, aber nicht mehr bei plus 2°C.

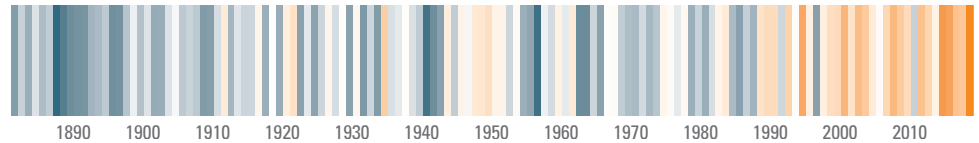
Der Klimawandel ist in vollem Gange, auch wenn die Folgen bislang in vielen Regionen noch erträglich sind. Um die Lebensgrundlagen der zukünftigen Generationen zu erhalten, muss aber dringend schon heute gehandelt werden: Sofortige und umfassende Klimaschutzmaßnahmen sind nötig, damit die weitreichenden Folgen der globalen Erwärmung gemindert werden können.

Steigende Jahresmitteltemperatur

In Bayern wird es immer wärmer. Das zeigt die Entwicklung der mittleren Jahrestemperatur. Klimasimulationen zufolge wird sich dieser Trend künftig fortsetzen. Mit umfangreichen Klimaschutzmaßnahmen kann der Temperaturanstieg jetzt noch abgemildert werden.

Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in der Vergangenheit

Die mittlere Jahrestemperatur in Bayern steigt. Von den zehn wärmsten Jahren seit 1881 haben wir in Bayern allein sechs zwischen 2011 und 2019 erlebt.



Das Farbband zeigt, wie sich die Durchschnittstemperatur in Bayern von 1881 bis 2019 entwickelt hat. Jeder Streifen im Band steht für ein Jahr. Die Spanne reicht von 6,0°C (dunkelblau) bis 9,9°C (orange).

Blick in die Zukunft mit Klimasimulationen

Kohlendioxid (CO₂) trägt mit Abstand am stärksten zur globalen Erwärmung bei. Weitere Treibhausgase sind unter anderem Methan und Lachgas.

Die Messwerte der Vergangenheit sind eindeutig: Seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich die durchschnittliche Jahrestemperatur in Bayern bereits um 1,9°C erhöht. Wie stark sich diese Entwicklung in Zukunft fortsetzt, hängt davon ab, welche Mengen an Treibhausgasen die Menschheit weiterhin ausstößt. Die Wissenschaft trifft daher Aussagen über die Zukunft des Klimas auf der Grundlage sogenannter Emissionsszenarien, die von einem unterschiedlich hohen Treibhausgasausstoß ausgehen. Für jedes Szenario wird die Klimazukunft mit verschiedenen Modellen simuliert. So ergibt sich eine Bandbreite von Klimasimulationen: Während der Trend nur die Entwicklung in der Vergangenheit anhand von Messwerten nachzeichnet (siehe Seite 3), lässt sich mithilfe von Klimasimulationen die Abweichung des künftigen Klimas einschätzen.

Jahresmitteltemperatur im Wandel

Bezugszeitraum (Messwerte)

Mittelwert 1971–2000

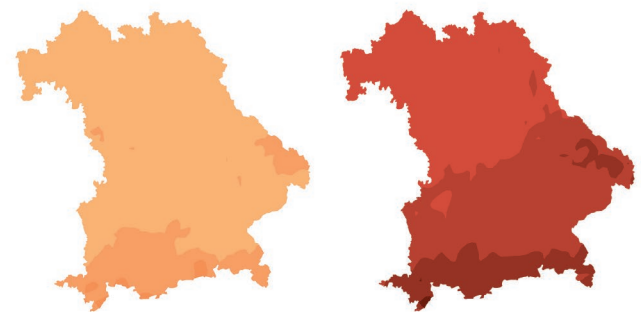


Werte in °C

Änderungen in Zukunft (Szenario ohne Klimaschutz)

um 2055

um 2085



Änderung in °C

Die Karten zeigen den Median aus der Bandbreite der Klimasimulationen.

Die Jahresmitteltemperatur ist je nach Höhenlage sehr unterschiedlich. Für die Zukunft wird der stärkste Temperaturanstieg in den südlichen und östlichen Landesteilen erwartet.



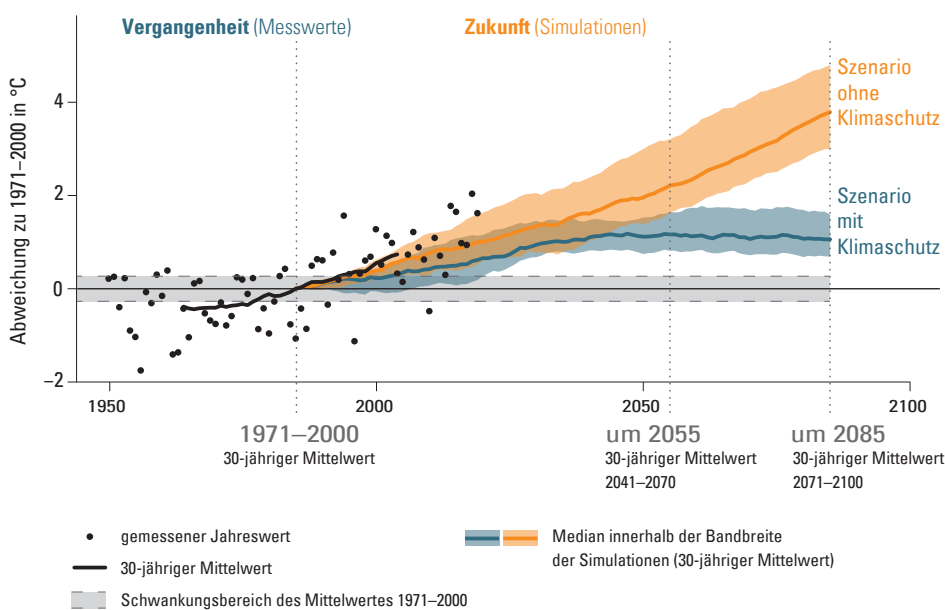
Emissionsszenarien – mit und ohne Klimaschutz

In dieser Broschüre werden die Auswirkungen von zwei verschiedenen globalen Emissionsszenarien auf das Klima in Bayern verglichen: Das Szenario „ohne Klimaschutz“ geht von einem uneingeschränkten Treibhausgasausstoß aus, das Szenario „mit Klimaschutz“ von einem gebremsten Ausstoß. Damit dieses Szenario eintritt, müssen die weltweiten Emissionen schnell erheblich gesenkt werden und in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts bei netto null liegen. So könnte auch eine globale Zwei-Grad-Obergrenze noch eingehalten werden.

Veränderung der Jahresmitteltemperatur

Die Klimasimulationen zeigen einen weiteren Anstieg der Jahresmitteltemperatur. Die beiden Szenarien mit und ohne Klimaschutz unterscheiden sich besonders ab Mitte des Jahrhunderts: Bei einem ungeminderten Treibhausgasausstoß würde die Temperatur immer stärker ansteigen. Besonders warme Jahre wie 2018 würden dann regelmäßig auftreten. Hinzu kämen extrem warme Jahre, wie sie Bayern bisher noch nicht erlebt hat.

Jahresmitteltemperatur im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 in Bayern



Als Bezugszeitraum in der Vergangenheit werden die 30 Jahre von 1971 bis 2000 definiert. Die Temperatur wird als Abweichung gegenüber diesem Zeitraum angegeben. Als Klimaänderung wird eine Abweichung dabei erst gewertet, wenn sie außerhalb des Schwankungsbereichs des 30-jährigen Mittelwertes von 1971 bis 2000 liegt. Werte innerhalb des Schwankungsbereichs sind so gering, dass sie nicht als Änderung des Klimas interpretiert werden.

Passen Simulationen und Messwerte zusammen?

Wer genau hinschaut, erkennt, dass der beobachtete 30-jährige Mittelwert am oberen Rand der Simulationen ohne Klimaschutz liegt. Auch der Treibhausgasausstoß folgte bislang in etwa dem Szenario ohne Klimaschutz. Aufgrund von kurzfristigen Klimaschwankungen können die Messungen vorübergehend einen anderen Verlauf zeigen als die langfristigen Trends.

Weitere Informationen zu den Klimamodellen finden Sie auf Seite 16 und 17.

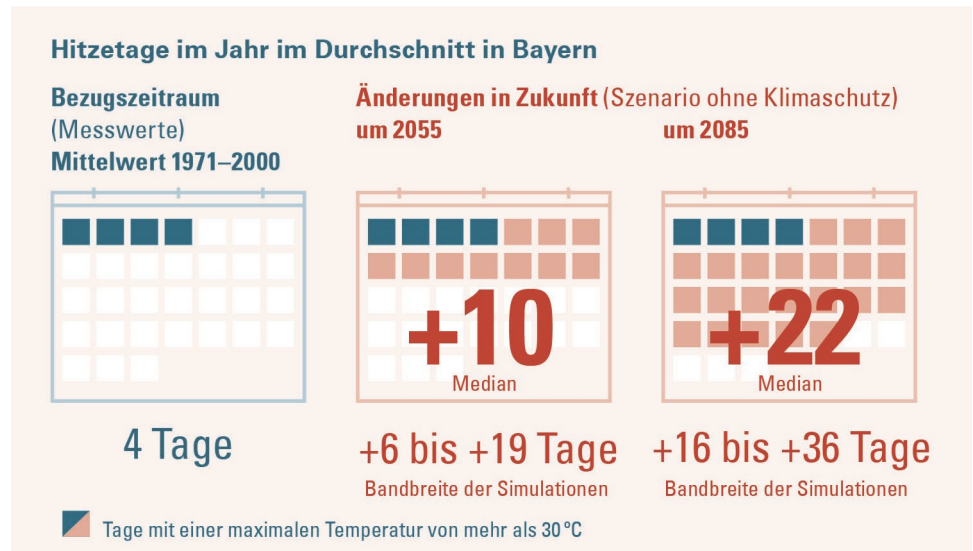
Bis zu
4,8°C
mehr

Die Jahresmitteltemperatur in Bayern lag im Bezugszeitraum (1971 bis 2000) bei 7,9°C. Ohne Klimaschutz wird bis Ende des Jahrhunderts im Mittel eine Zunahme um 3,8°C erwartet (maximal 4,8°C) – mit Klimaschutz dagegen nur um 1,1°C (maximal 1,6°C).

Heiße Sommer

Noch stärker als die Jahresmitteltemperatur steigen die Höchsttemperaturen im Sommer. Die Anzahl von Hitzetagen und tropisch warmen Nächten wird weiter zunehmen. In Städten fällt die Hitzebelastung noch einmal höher aus, als es die großräumigen Klimasimulationen anzeigen.

Die Sommer in Bayern werden heißer. Ohne Klimaschutz würden die Tage, an denen das Thermometer auf über 30°C klettert, bis Ende des Jahrhunderts drastisch zunehmen.



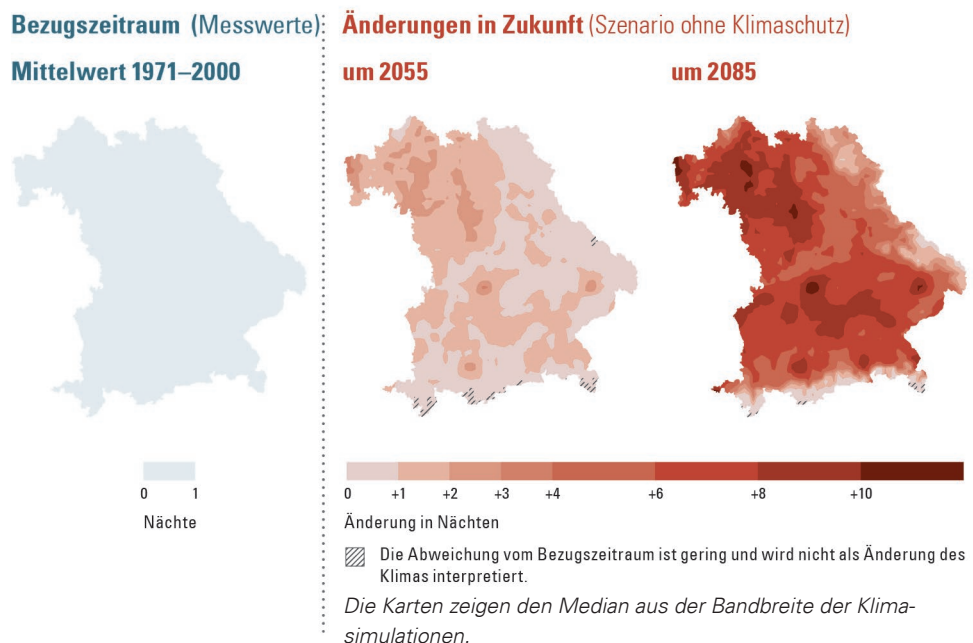
Heiße Aussichten ohne Klimaschutz

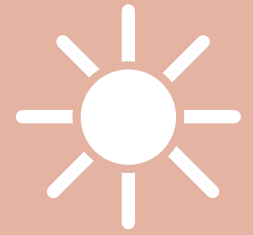
Sonnenschein und Wärme im Sommer tun gut. Doch extreme Hitze wirkt sich negativ auf viele Bereiche des Lebens wie etwa Gesundheit und Landwirtschaft aus. Klimasimulationen zeigen, dass insbesondere ab Mitte des Jahrhunderts ohne Klimaschutz Hitzeereignisse deutlich zunehmen. Im Szenario mit Klimaschutz, etwa durch zügigen Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energien, werden dagegen bis Ende des Jahrhunderts im Schnitt nur vier Hitzetage mehr und kaum mehr Tropennächte in Bayern erwartet als 1971 bis 2000.

Tropennächte im Jahr

Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20°C fällt

Tropennächte gab es in Bayern im Bezugszeitraum kaum. Werden keine Klimaschutzmaßnahmen ergriffen, könnten sie Ende des Jahrhunderts in tieferen Lagen regelmäßig auftreten.

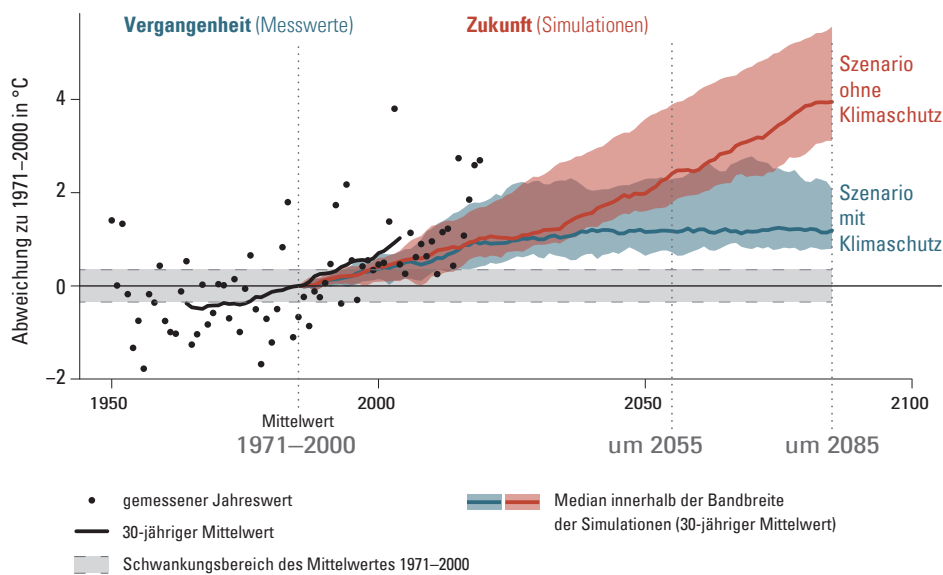




Veränderung der Sommertemperatur

Im Sommer ist die Temperatur in den letzten Jahrzehnten besonders stark gestiegen. Im sehr heißen Sommer 2003 lag die durchschnittliche Temperatur sogar bereits knapp 4°C über dem Mittelwert des Bezugszeitraums (1971 bis 2000). Setzte sich die Erwärmung ungemindert fort, wären solche Hitzesommer in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts Normalität. Gelingt es dagegen zeitnah, den Ausstoß von Treibhausgasen deutlich zu senken, lässt sich die sommerliche Hitze noch stark eindämmen.

Mittlere Sommertemperatur (Juni–August) im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 in Bayern



Bis zu
5,6°C
wärmer

Bisher waren die Sommer in Bayern durchschnittlich 16,3°C warm. Gelingt die Klimatrendwende nicht rechtzeitig, wird gegen Ende des Jahrhunderts im Mittel eine Erhöhung um 3,9°C erwartet (maximal 5,6°C). Mit sofortigem Klimaschutz lässt sich der Temperaturanstieg noch auf etwa 1,2°C (maximal 2,1°C) begrenzen.

Sonderfall Stadtklima

Die Werte der Klimasimulationen beziehen sich auf die großflächige Landschaft. In dicht bebauten Städten ist die lokale Hitzebelastung noch größer. Dunkle Asphaltflächen und Gebäude heizen sich besonders stark auf. An diesen Orten entsteht ein Wärmeinseleffekt, das heißt, in der Stadt ist es deutlich wärmer als im Umland. Umso wichtiger sind daher Bäume, Grün- und Wasserflächen wie Parks und begrünte Dächer: Durch Verdunstung sorgen sie für Abkühlung in der Stadt.

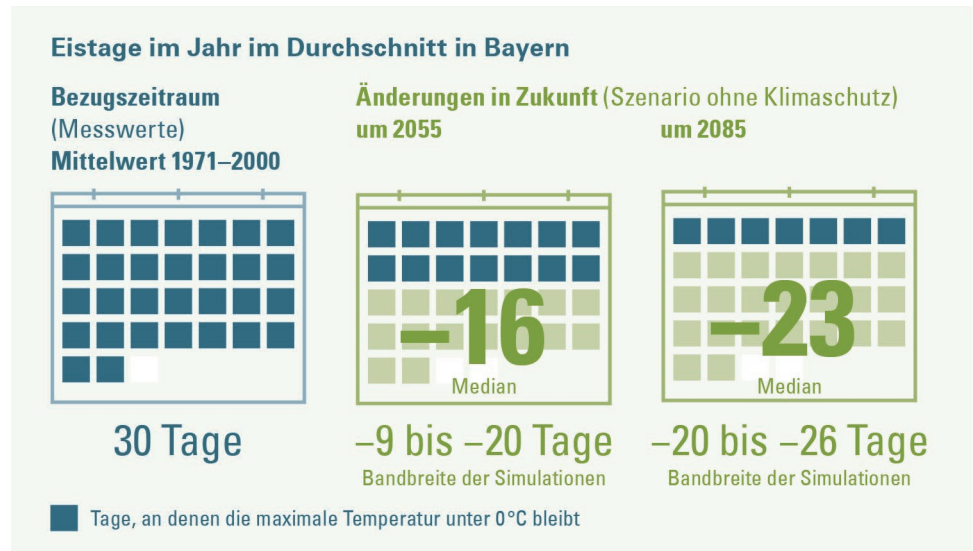


Schatten spendende Alleen statt Verkehrsschneisen, Parkanlagen statt Asphaltwüsten, grüne Dächer und Fassaden, ein dichtes Netz von Rad- und Fußwegen und ein eng getakteter öffentlicher Nahverkehr: Die klimaangepasste Stadt ist gut für Mensch und Umwelt.

Warme Winter

Verschneite Wälder, gefrorene Seen: In wenigen Jahrzehnten werden solche Landschaften womöglich nur noch in höheren Lagen zu sehen sein. Die steigenden Durchschnittstemperaturen führen zu immer milderem Wintern.

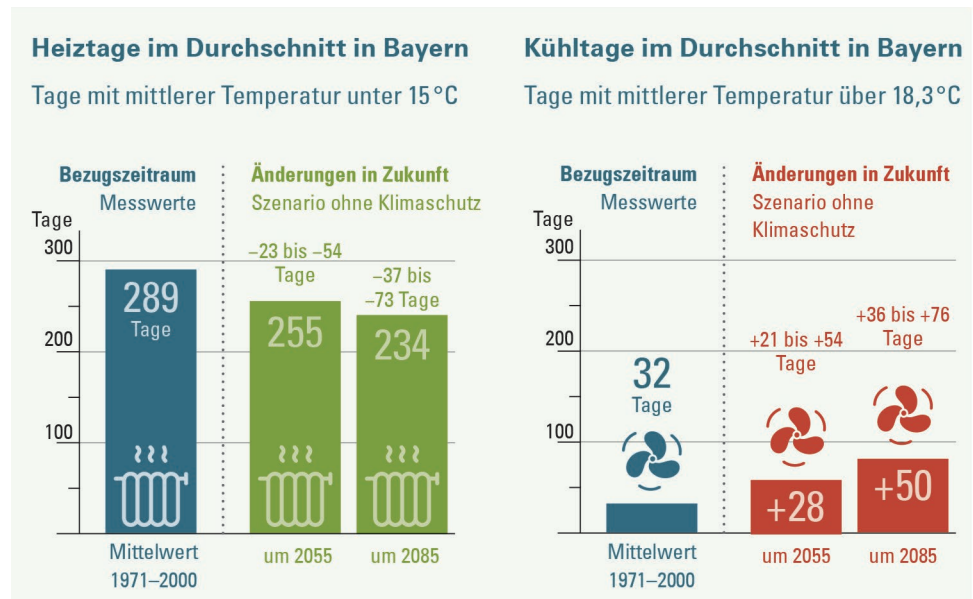
Schon Mitte des Jahrhunderts könnte es in Bayern durchschnittlich nur noch halb so viele Tage mit Temperaturen unter 0°C geben wie im Bezugszeitraum (1971 bis 2000). Gegen Ende des Jahrhunderts wären es nur noch rund ein Viertel so viele – sollten keine Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden.



Winter ade!

Skifahren, Rodeln, Schlittschuhlaufen – das wird künftig schwieriger, etwa, weil in den Wintermonaten eher Regen als Schnee fällt oder weil es nicht lange genug kalt ist, damit Seen zufrieren. Selbst im Szenario mit Klimaschutz verringert sich die Zahl der Eistage voraussichtlich bis Mitte des Jahrhunderts um zehn Tage, jedoch bis Ende des Jahrhunderts nicht noch stärker.

Ein positiver Effekt warmer Winter: Der sinkende Heizbedarf spart Energie. Seit 1951 muss heute durchschnittlich bereits an 30 Tagen weniger geheizt werden. Bei ungebremstem Klimawandel wird ein weiterer drastischer Rückgang erwartet. Die Kehrseite: Die Tage im Jahr, an denen Gebäude mit viel Energie gekühlt werden müssen, nehmen in gleichem Maße zu. Selbst mit erfolgreichem Klimaschutz werden bis 2085 14 Heiztage weniger und ebenso viele Kühltage mehr erwartet.



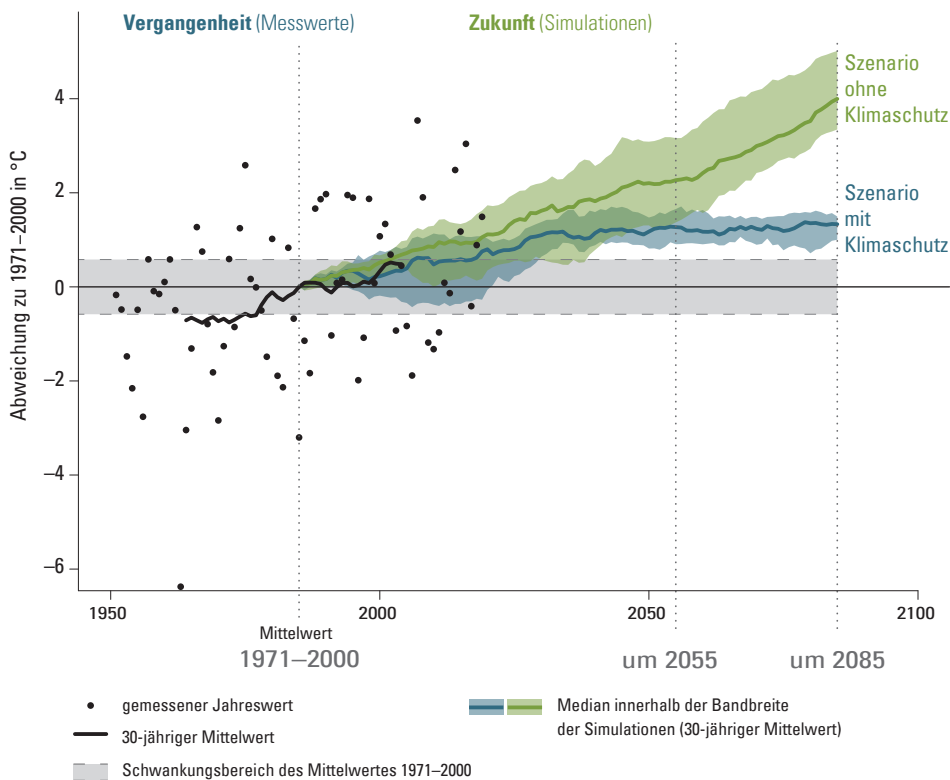
Die Anzahl von Heiz-/Kühltage in den Balken entspricht dem Median aus der Bandbreite der Klimasimulationen (oberhalb der Balken).



Veränderung der Wintertemperatur

Bis zum Beginn dieses Jahrtausends verlief der Temperaturanstieg in den Wintermonaten noch recht moderat. In den vergangenen Jahren gab es jedoch kaum noch kalte Winter. Am wärmsten seit 1881 war bislang der Winter 2006/2007. Solche Winter könnten Ende des Jahrhunderts die Regel sein. Für die zweite Hälfte des Jahrhunderts lässt sich eine weitere Abnahme der Winterkälte durch wirksame Klimaschutzmaßnahmen derzeit noch verhindern. Doch das Zeitfenster zum Handeln wird kleiner.

Mittlere Wintertemperatur (Dezember–Februar) im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 in Bayern



Bis zu
5°C
wärmer

Im Bezugszeitraum (1971 bis 2000) betrug die durchschnittliche Wintertemperatur in Bayern $-0,5^{\circ}\text{C}$. Im Szenario ohne Klimaschutz wird ein Anstieg um $4,0^{\circ}\text{C}$ erwartet (maximal $5,0^{\circ}\text{C}$), mit Klimaschutz nur um $1,3^{\circ}\text{C}$ (maximal $1,5^{\circ}\text{C}$).



Ein Passivhaus benötigt kaum Energie für das Heizen im Winter und das Kühlen im Sommer. Eine Solaranlage auf dem Dach übernimmt die restliche Energieversorgung und spart CO_2 . Intelligent ausgerichtete Fenster und ein Wärmespeicher aus Lehm oder Stein sorgen auch im Gebäude ganzjährig für ein gutes Klima. In Massivholzwänden ist CO_2 sogar gespeichert.

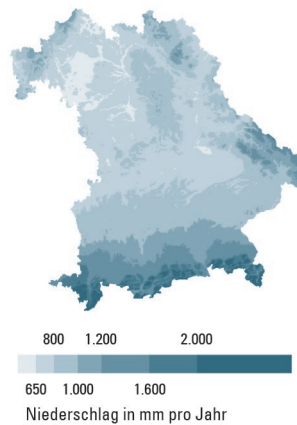
Variable Niederschläge

Die steigenden Temperaturen wirken sich auch auf den Niederschlag aus. Allerdings ist die Entwicklung hier nicht eindeutig. Ohne verstärkte Anstrengungen für den Klimaschutz könnten die Niederschläge im Mittel aber im Sommer geringer und im Winter höher ausfallen.

Innerhalb Bayerns fällt – vor allem je nach Höhenlage – unterschiedlich viel Niederschlag. Zudem schwankt die Menge von Jahr zu Jahr stark. Der mittlere Jahresniederschlag im bayernweiten Durchschnitt lag im Bezugszeitraum (1971 bis 2000) bei 941 mm (das heißt 941 Litern pro Quadratmeter).

Verteilung des Jahresniederschlags

Bezugszeitraum
(Messwerte)
Mittelwert
1971–2000

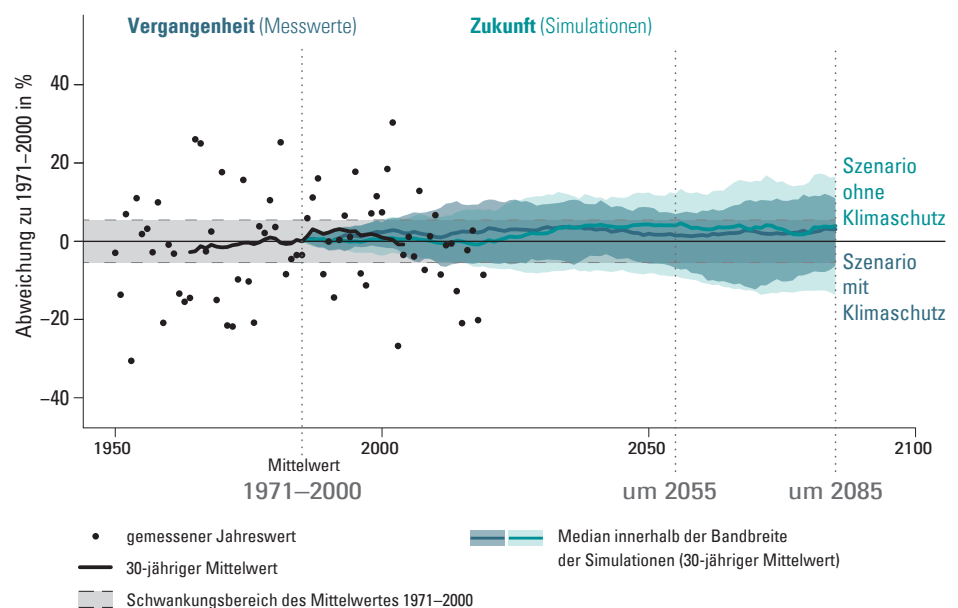


Jahresniederschlag: kein klarer Trend

Der jährliche Niederschlag in Bayern hat sich seit 1951 weder eindeutig verringert noch erhöht. Im vergangenen Jahrzehnt traten zwar vermehrt niederschlagsarme Jahre auf, während feuchte Jahre immer seltener wurden. Diese Zeitspanne ist aber zu kurz, um bereits einen Trend abzuleiten. Für die weitere Entwicklung des Niederschlags kommen die verschiedenen Klimasimulationen zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Jahresniederschlag in % im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 im Durchschnitt in Bayern

Es wird nicht erwartet, dass sich der mittlere Jahresniederschlag in Bayern nennenswert verändert. Er könnte aber auch deutlich zu- oder abnehmen. Diese Unsicherheit ist ohne Klimaschutz größer als mit.

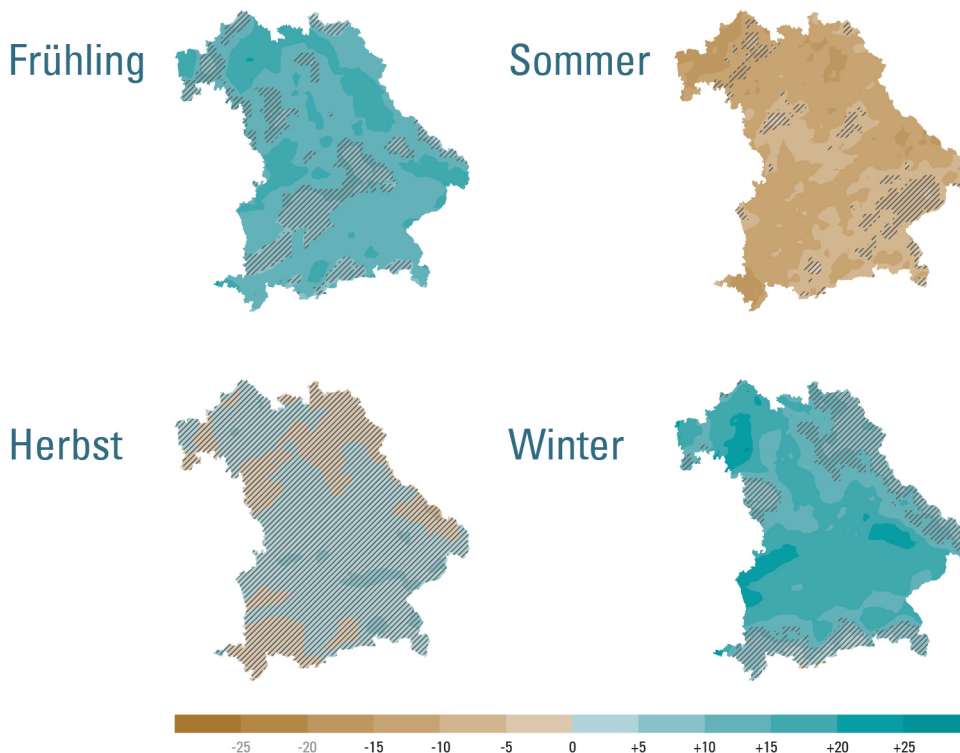




Umverteilung des Niederschlags zwischen den Jahreszeiten

Nicht nur der Jahresniederschlag ist von Bedeutung, sondern auch, wann er fällt. Bislang nahm der Niederschlag im Sommer bereits etwas ab, während sich in den anderen Jahreszeiten kein belastbarer Trend abzeichnet. Für die zweite Hälfte des Jahrhunderts kommt die überwiegende Mehrheit der Klimasimulationen zu dem Ergebnis, dass der Niederschlag ohne wirksamen Klimaschutz im Sommer ab- und im Winter zunehmen wird. Für das Frühjahr wird zwar im Mittel ebenfalls eine Zunahme erwartet, allerdings sind sich die verschiedenen Simulationen dabei weniger einig. Für den Herbst kommen die verschiedenen Simulationen zu gänzlich unterschiedlichen Ergebnissen; im Mittel wird deshalb keine Änderung erwartet. Kann der Ausstoß von Treibhausgasen in naher Zukunft deutlich verringert werden (Szenario mit Klimaschutz), so ist im Mittel keine jahreszeitliche Umverteilung zu erwarten.

Änderung der Niederschlagsmenge in % um 2085 (Szenario ohne Klimaschutz) gegenüber dem Bezugszeitraum 1971–2000



Änderung in %
Die Abweichung vom Bezugszeitraum ist gering und wird nicht als Änderung des Klimas interpretiert.
Die Karten zeigen den Median aus der Bandbreite der Klimasimulationen.

Feuchtere Winter, trockenere Sommer

Im Mittel wird ohne Klimaschutzmaßnahmen gegen Ende des Jahrhunderts eine Abnahme des Niederschlags im Sommer und eine Zunahme im Winter und Frühling erwartet.

Warum gibt es keine eindeutigen Aussagen zum Niederschlag?

Bei der Temperatur ist klar: Mehr Treibhausgase führen zu einer stärkeren Erwärmung. Wie sich der Klimawandel auf den Niederschlag auswirkt, hängt dagegen von vielen Faktoren ab. Dennoch zeichnen sich bereits Muster ab: In Südeuropa etwa zeigen Messungen sowie Klimasimulationen, dass der Niederschlag abnimmt. In Nordeuropa nimmt er dagegen zu. Bayern liegt genau in der Übergangszone, daher unterscheiden sich die Ergebnisse der verschiedenen Simulationen.

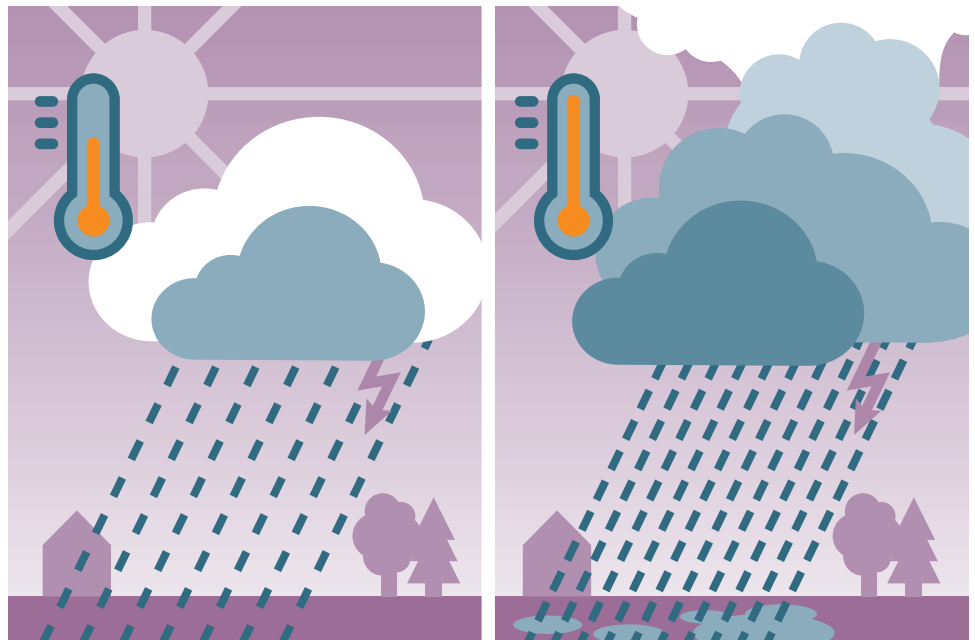
Heftige Regenfälle

Starkniederschläge werden in Zukunft wahrscheinlich häufiger und intensiver auftreten als bisher. Die Folgen sind verheerend: Lokale Überschwemmungen und Erdbeben gefährden nicht nur Hab und Gut, sondern auch Menschenleben.

Im Sommer 2016 führte extremer Starkregen innerhalb weniger Stunden in einigen Regionen Bayerns zu folgenschweren Sturzfluten. Solche Ereignisse könnten künftig häufiger auftreten, und zwar vor allem dann, wenn die globale Erwärmung weiter voranschreitet. Denn je wärmer die Luft, desto mehr Wasserdampf kann sie aufnehmen und umso intensivere Niederschläge fallen. Vor allem in der warmen Jahreszeit treten sie als heftige, kurze und örtlich begrenzte Schauer auf. In den kühleren Monaten fallen häufig weniger intensive, dafür lang anhaltende und großflächige Niederschläge, die oft Überschwemmungen in den Flusstälern nach sich ziehen.

Steigende Temperaturen verursachen intensivere Niederschläge

Bei höheren Temperaturen verdunstet mehr Wasser. Der Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre steigt und Niederschläge fallen intensiver aus. Dieser Effekt ist bei lokal auftretendem, kurzem Starkregen doppelt so stark ausgeprägt wie bei großflächigen, länger andauernden Niederschlägen.



Starkregentage sind nicht gleich extremer Starkregen

Ob die gleiche Niederschlagsmenge innerhalb einer halben Stunde oder über einen Tag verteilt fällt, macht einen großen Unterschied. Bei extremem Starkregen, also heftigem Niederschlag in kürzester Zeit, können sich Sturzfluten bilden. Fällt der Niederschlag als Dauerregen im Laufe eines Tages, kann das Wasser dagegen im Boden versickern. Die in dieser Broschüre verwendeten flächendeckenden Daten für Bayern und die beschriebenen Zukunftsszenarien erlauben jedoch nur Aussagen auf Tagesbasis. Das heißt, die Angaben über Starkregentage (mindestens 30 mm Niederschlag pro Tag) geben keine Auskunft darüber, ob es sich dabei um Tage mit extremem Starkregen oder um Tage mit Dauerregen handelt.



Entwicklung der Starkregentage

Im Frühjahr haben die maximale Niederschlagsmenge pro Tag und auch die Anzahl von Tagen mit mindestens 30 mm Niederschlag im bayernweiten Durchschnitt bereits nachweislich zugenommen. Ohne Klimaschutz wird für die Zukunft im Schnitt für Bayern über das ganze Jahr betrachtet eine Zunahme von Starkregentagen erwartet. Laut den Modellrechnungen erhöht sich dabei aber nicht die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr. Die gleiche Niederschlagsmenge fällt also an weniger Tagen. Werden zügig Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt, so wird keine Zunahme der Starkregentage erwartet.

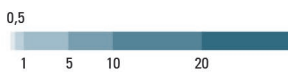
Tage pro Jahr mit mindestens 30 mm Niederschlag

Bezugszeitraum (Messwerte): **Änderungen in Zukunft** (Szenario ohne Klimaschutz)

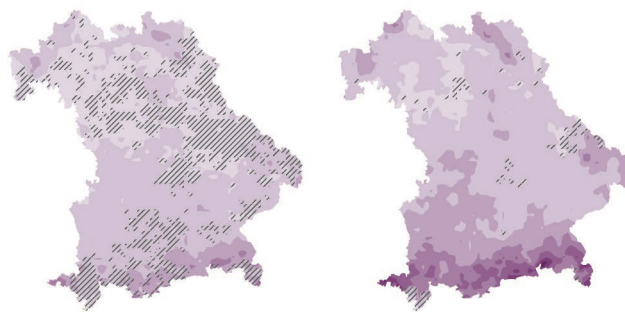
Mittelwert 1971–2000

um 2055

um 2085



Tage



Änderung in Tagen

Die Abweichung vom Bezugszeitraum ist gering und wird nicht als Änderung des Klimas interpretiert.

Die Karten zeigen den Median aus der Bandbreite der Klimasimulationen.

Mehr Starkregentage

In höheren Lagen treten Starkregentage generell häufiger auf. Ohne Klimaschutz wird fast überall in Bayern eine Zunahme erwartet, und zwar schon ab Mitte und noch stärker gegen Ende des Jahrhunderts. Darin sind sich fast alle Klimasimulationen einig.

Weiter gedacht



Ob im Garten oder auf dem Acker: Ein lebendiger Boden schützt vor Erosion. Regenwürmer und andere Lebewesen verwerten Pflanzenreste zu fruchtbarem Humus, binden dadurch CO_2 und stabilisieren die obere Erdschicht. Heftige Niederschläge können den Boden so weniger leicht wegspülen. Neben Pflanzenresten als Nahrung brauchen Bodenlebewesen Ruhe vor dem Pflug sowie möglichst wenig Pestizide und Mineralstickstoff.

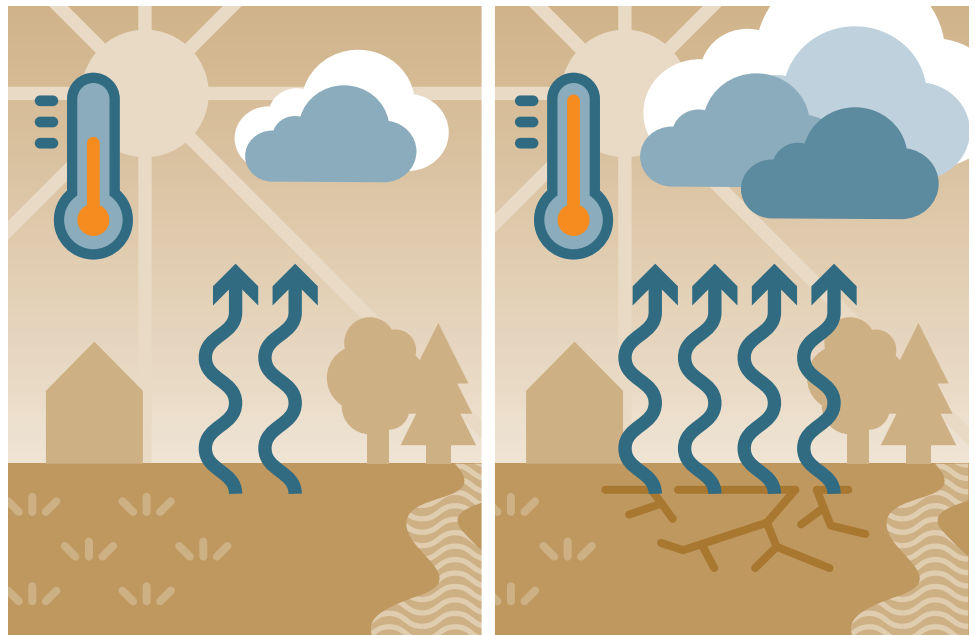
Trockene Sommer

Ernteaufschläge, Waldbrände, niedrige Wasserstände – Trockenheit im Sommer wirkt sich erheblich auf Mensch und Natur aus. Ohne Klimaschutz wird es noch trockener: Der Temperaturanstieg verstärkt die Verdunstung, zudem könnten die Niederschläge abnehmen.

Trockene Sommer haben vielfältige Folgen, zum Beispiel für die Land- und Forstwirtschaft. Wassermangel stresst den Wald, die Bäume werden anfälliger für Schädlinge. Auch steigt das Risiko von Waldbränden. Macht sich der Regen rar, ist die Landwirtschaft zunehmend auf Bewässerung und neue Anbaumethoden angewiesen. Weniger Wasser in Flüssen und Seen bei steigenden Temperaturen führt zudem zu Sauerstoffmangel, der die Wassertiere gefährdet. Im Bezugszeitraum (1971 bis 2000) regnete es von Juli bis September im Schnitt in Bayern zwei- bis dreimal eine Woche lang nicht. Ohne Klimaschutz wird im Schnitt eine weitere regenfreie Woche erwartet, während mit Klimaschutz keine Änderungen wahrscheinlich sind.

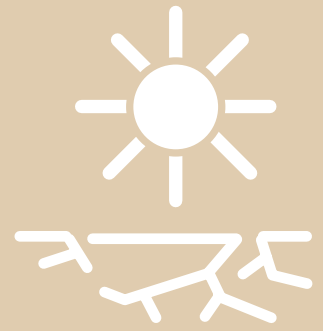
Höhere Temperaturen verstärken Verdunstung

Durch die Einstrahlung der Sonne heizen sich Wasserflächen, Vegetation und Boden auf. Das darin gespeicherte Wasser verdunstet. Dieser Prozess wird durch eine hohe Lufttemperatur verstärkt, denn warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kühle. In der Folge trocknen Böden nach und nach aus und die Wasserspiegel sinken ab – so lange, bis das verdunstete Wasser wieder als Niederschlag zur Erde fällt.



Hitze, Regenmangel, heftige Niederschläge: keine gute Kombination

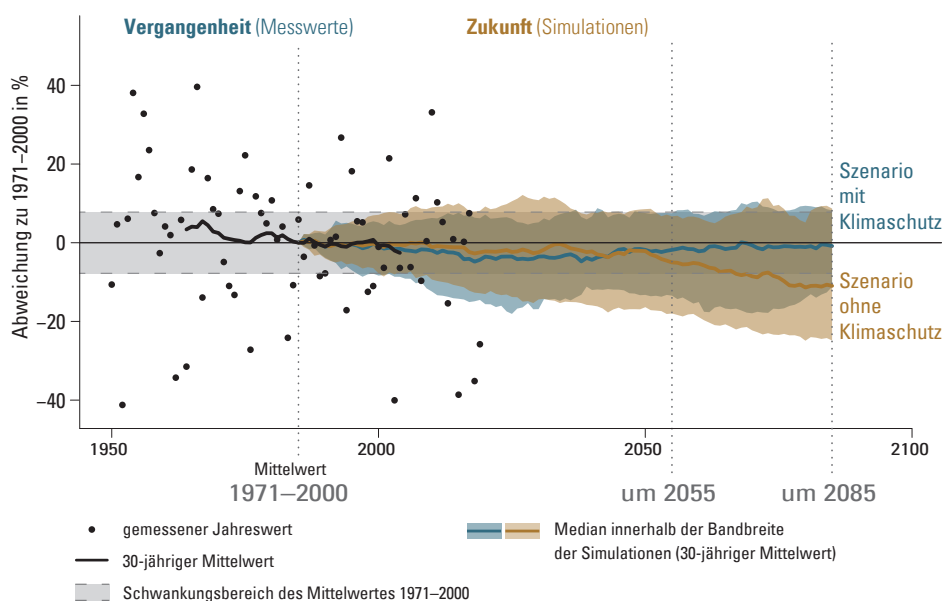
Die zunehmende Verdunstung bei steigenden Temperaturen führt dazu, dass es selbst bei gleichbleibenden Niederschlägen trockener wird. Nimmt die Niederschlagsmenge zusätzlich ab, verstärkt sich dieser Effekt. Fällt zudem der gesamte Sommerregen bei seltenen Schauern statt gleichmäßig verteilt, so liegen dazwischen auch längere Trockenphasen. Bei heftigem Regen auf trockenen Boden fließt ein Großteil des Wassers einfach oberflächlich ab. Es kann nicht versickern, da der Boden die Wassermenge nicht so schnell aufnimmt.



Veränderung des Sommerniederschlags

In den vergangenen Jahren gab es immer mehr trockene Sommer. Seit 1951 ist der Niederschlag in den Sommermonaten Juni bis August um 13 % zurückgegangen. Im Rekordsommer 2003 fiel 40 % weniger Niederschlag als im Mittel zwischen 1971 und 2000. Auch in den Sommern 2015 und 2018 regnete es wenig. Zwar gab es schon im vorherigen Jahrhundert niederschlagsarme Sommer, jedoch immer im Wechsel mit sehr nassen Sommern. Die Mehrheit der Klimasimulationen sagt aus, dass der Sommerniederschlag bei einer unverminderten Erderwärmung bis Ende des Jahrhunderts weiter abnimmt. Mit einer raschen Reduzierung der weltweiten Treibhausgasemissionen lässt sich diese Entwicklung sehr wahrscheinlich aufhalten.

Sommerniederschlag (Juni–August) in % im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 im Durchschnitt in Bayern



Bis zu
–25 %

In den Sommermonaten fielen in Bayern im Schnitt bisher 313 mm Niederschlag. Ohne Klimaschutz wird um 2085 11% weniger Sommerregen erwartet (maximal 25% weniger). Mit Klimaschutz wird hingegen im Mittel keine Abnahme erwartet.



Manche mögens heiß: Ein Rasen mit Pflanzen, die an ein Leben in Wasserknappheit angepasst sind, bietet neben einer farbenfrohen Blütenpracht im Garten wertvollen Lebensraum für allerhand nützliche Insekten. Die Pflege ist einfach: selten mähen, nicht düngen, nicht gießen.

Methoden und Szenarien der Klimamodellierung

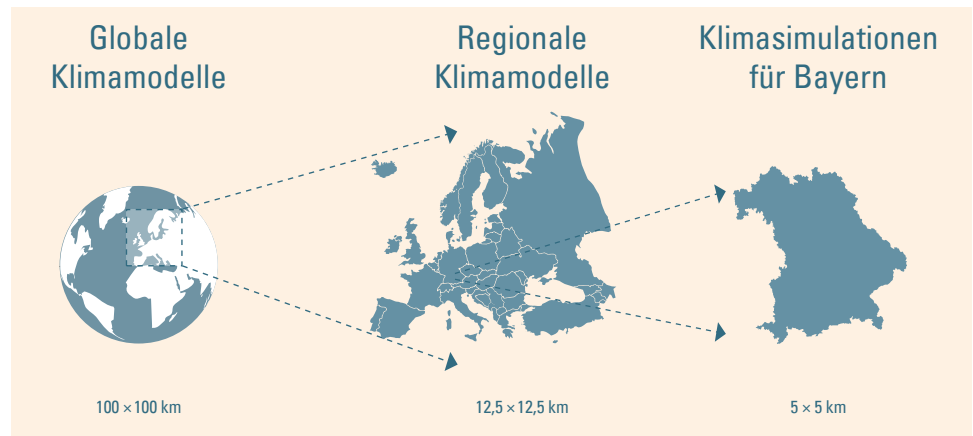
Wie sich das Klima entwickelt, hängt davon ab, ob der weltweite Ausstoß von Treibhausgasen in den nächsten Jahren deutlich reduziert wird oder nicht. Klimamodelle rechnen daher mit unterschiedlichen Emissionsszenarien.

Von globalen zu regionalen Klimamodellen

Globale Klimamodelle funktionieren ähnlich wie Modelle zur Wettervorhersage. Sie bilden allerdings nicht nur die Vorgänge in der Atmosphäre ab, sondern beziehen auch deren Wechselwirkungen mit den Ozeanen, der Vegetation sowie Eis- und Schneeflächen ein. Die Entwicklungen dieses komplexen Systems können nur mit Hochleistungscomputern berechnet werden. Die Auflösung globaler Klimamodelle ist mit einem Raster von mehr als 100×100 km jedoch zu grob, um daraus Aussagen für einzelne Regionen abzuleiten. Deshalb verfeinern regionale Klimamodelle die Ergebnisse auf ein Raster von $12,5 \times 12,5$ km.

Globale und regionale Modelle

Um für kleinräumige Gebiete Aussagen über die Entwicklung des Klimas treffen zu können, wurden globale Klimamodelle mithilfe regionaler Modelle auf ein feineres Raster übertragen. Die Ergebnisse der Modellrechnungen wurden am Landesamt für Umwelt noch einmal für Bayern aufbereitet.



Klimasimulationen für Bayern

Weil so viele Faktoren das Klimasystem beeinflussen, kommen verschiedene Klimamodelle nicht zu exakt den gleichen Ergebnissen. Es müssen daher immer mehrere Modelle berücksichtigt werden. Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) hat untersucht, welche Modelle für Bayern geeignet sind. Die Modellrechnungen, die diese strenge Prüfung bestanden haben, bilden das sogenannte Bayerische Klimaprojektionsensemble („Bayern-Ensemble“). Die Ergebnisse der Modellrechnungen wurden für Bayern aufbereitet und auf ein Raster von 5×5 km umgerechnet.

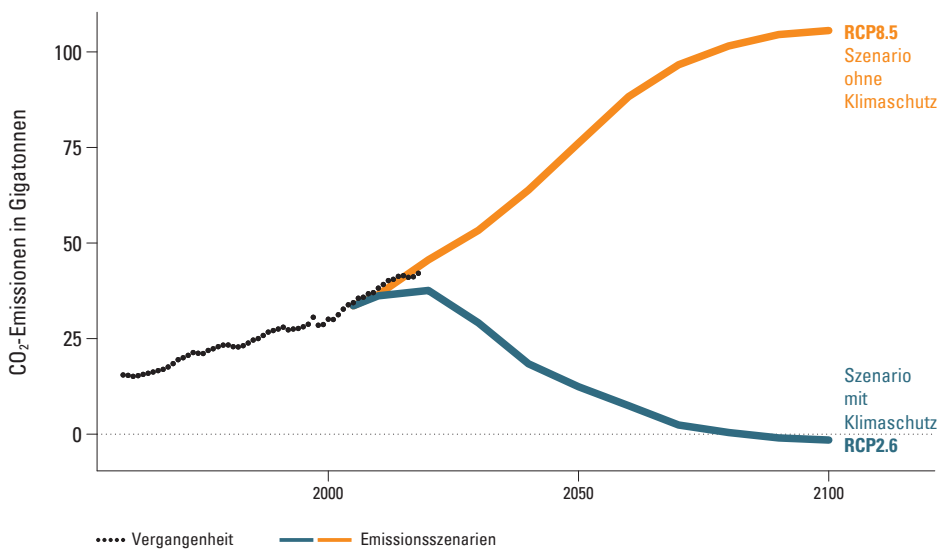
Datengrundlage

Die Messwerte beruhen auf Daten des Deutschen Wetterdienstes und auf dem europäischen Beobachtungsdatensatz E-OBS. Die Ergebnisse für die Zukunft beruhen auf Auswertungen regionaler Klimaprojektionen (EURO-CORDEX, ReKliEs-De). Für das Szenario ohne Klimaschutz standen zwölf, für das Szenario mit Klimaschutz acht verschiedene für Bayern geeignete Projektionen zur Verfügung.

Simulationen basieren auf Emissionsszenarien

Ein Faktor hat einen wesentlich größeren Einfluss auf die Zukunft des Klimas als Modellunsicherheiten: die Entwicklung der weltweiten Treibhausgasemissionen. Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) verwendet dafür mehrere Emissionsszenarien. Diese sogenannten RCP-Szenarien beschreiben den Konzentrationsverlauf der Treibhausgase in der Atmosphäre. Die Klimasimulationen für Bayern wurden auf Grundlage der Szenarien RCP2.6 und RCP8.5 berechnet.

CO₂-Ausstoß und RCP-Szenarien

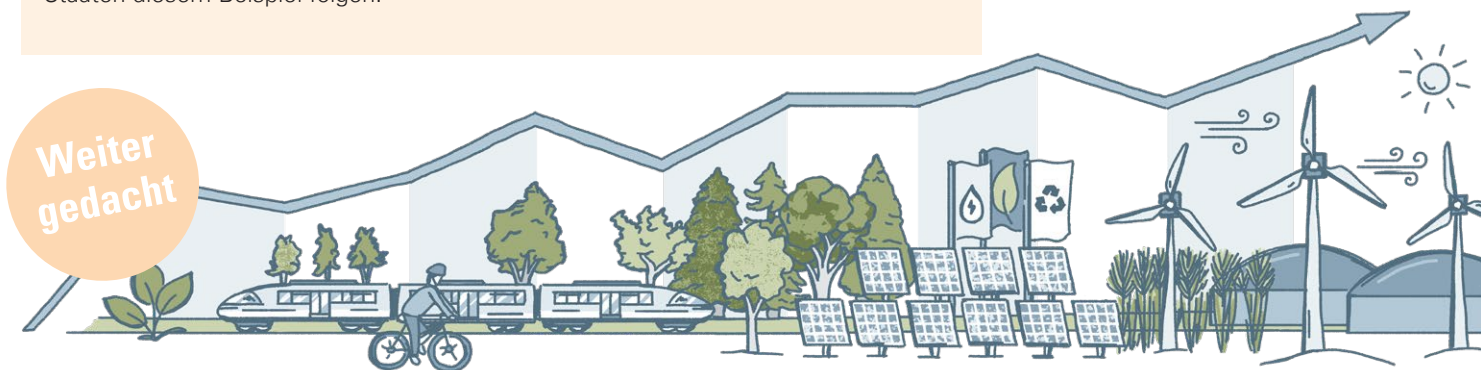


Während beim Szenario RCP2.6 eine globale Zwei-Grad-Obergrenze durch Klimaschutz eingehalten werden kann, entspricht das Szenario RCP8.5 einem ungebremsten Treibhausgasausstoß. Bislang folgte der globale CO₂-Ausstoß in etwa dem Szenario RCP8.5. Eine konsequente Klimapolitik kann das aber ändern.

Weltweit durch den Menschen verursachter Netto-CO₂-Ausstoß
 Daten: IPCC, Global Carbon Budget 2019

Wie funktioniert Klimapolitik?

Im Gegensatz zum globalen CO₂-Ausstoß sanken die jährlichen Emissionen in Europa bereits gegenüber 1990. Das internationale Klimaabkommen von Paris sieht vor, dass die Staaten alle fünf Jahre ihre Klimaschutzpläne nachverhandeln und ausweiten, um die globale Erwärmung noch auf deutlich unter 2 °C, möglichst auf unter 1,5 °C, gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Die europäischen Länder sollten dabei entschlossen vorangehen und die Ziele der EU umsetzen, damit andere Staaten diesem Beispiel folgen.



Investition in fossile Brennstoffe oder erneuerbare Energien? Anlegerinnen und Anleger haben die Wahl, bei welchen Unternehmen sie Aktien einkaufen – und entscheiden damit auch ein Stück weit, wie sich der CO₂-Ausstoß in den kommenden Jahren entwickeln wird.

Regionales Klima

Bayern ist ein ausgesprochen vielfältiges Land – auch im Hinblick auf das Klima. Zwischen dem Gipfel der Zugspitze und Kahl am Main liegen ganze 2.860 Höhenmeter. Dieser Höhenunterschied wirkt sich neben der geografischen Lage enorm auf die klimatischen Verhältnisse vor Ort aus.

Durchschnittliche Werte für ganz Bayern vermitteln einen guten Überblick über dessen Klimazukunft. Wie sich das Klima in einzelnen Regionen Bayerns verändert, lässt sich dadurch jedoch nicht abbilden. Deshalb wurden am LfU sieben Klimaregionen ermittelt, die in sich ähnliche klimatische Bedingungen aufweisen – in Bezug auf Jahresmitteltemperatur, Jahresniederschlag und Unterschiede zwischen Sommer und Winter. Eine eigene Infobroschüre je Region ermöglicht einen Einblick in die spezifischen klimatischen Gegebenheiten vor Ort und zeigt, wie sich der Klimawandel regional auswirkt.

Die sieben Klimaregionen Bayerns

Der Einfluss der Höhenlage auf die Grenzen der Klimaregionen ist deutlich sichtbar. Die Regionen wurden ausschließlich nach klimatischen Gesichtspunkten gebildet. Dadurch fällt beispielsweise Nürnberg in die Donauregion, obwohl es im Gewässereinzugsgebiet des Mains liegt.



Weitere Informationen zu Grundlagen und Verwendung der hier vorgestellten Ergebnisse gibt es unter: www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00171.htm.

Eine vollständige Auflistung der Klimakennwerte liefern die Klimafaktenblätter, abrufbar unter www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/faktenblaetter/index.htm.

Eine Übersicht der Klimaänderungen kann unter www.klimainformationssystem.bayern.de abgerufen werden.



Unsere weiteren Broschüren zu den Klimaregionen:

- Alpen
- Alpenvorland
- Südbayerisches Hügelland
- Donauregion
- Mainregion
- Ostbayerisches Hügel- und Bergland
- Spessart-Rhön

Impressum

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Text/Konzept:

LfU Klima-Zentrum,
KOMPAKTMEDIEN
Agentur für Kommunikation GmbH

Bildnachweis:

© Eric Isselée – stock.adobe.com: Titel h. 1. v. l. (Luchs); © Fotoschlick – stock.adobe.com: Titel, h. 2. v. l. (Fichte); © Rockafox – stock.adobe.com: Titel, h. 3. v. l. (Fernsehturm); © BJFF – stock.adobe.com: Titel, h. 4. v. l. (Kuh); © JFL Photography – stock.adobe.com: Titel h. 5. v. l. (Neuschwanstein); © Basicmoments – stock.adobe.com: Titel, h. 6. v. l. (Buche); © Alekss – stock.adobe.com: Titel, v. 1. v. l. (Weizen); © franke 182 – stock.adobe.com: Titel, v. 2. v. l. (Fachwerkhaus); © comauthor – stock.adobe.com: S. 16, l. (Globus); © WoGi – stock.adobe.com: S. 16, M. (Europakarte)

LfU: F. Karlstetter: Titelcollage, S.12, S.14;
S. Pospiech: S. 7 u., S. 9 u., S.13 u., S.15 u.,
S.17 u.; E. Graßmann: S. 4 u., S. 6 u., S.10 o.,
S. 11, S. 13 o., S. 18; Alle weiteren: LfU

Fachdaten für Karten S. 4, S.10:

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Deutscher Wetterdienst

Stand:

März 2022, 4. Auflage

Druck:

ALBERSDRUCK GmbH & Co. KG
Leichlinger Straße 11
40591 Düsseldorf
10/2023



Dieses Druckerzeugnis ist mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

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

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



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

