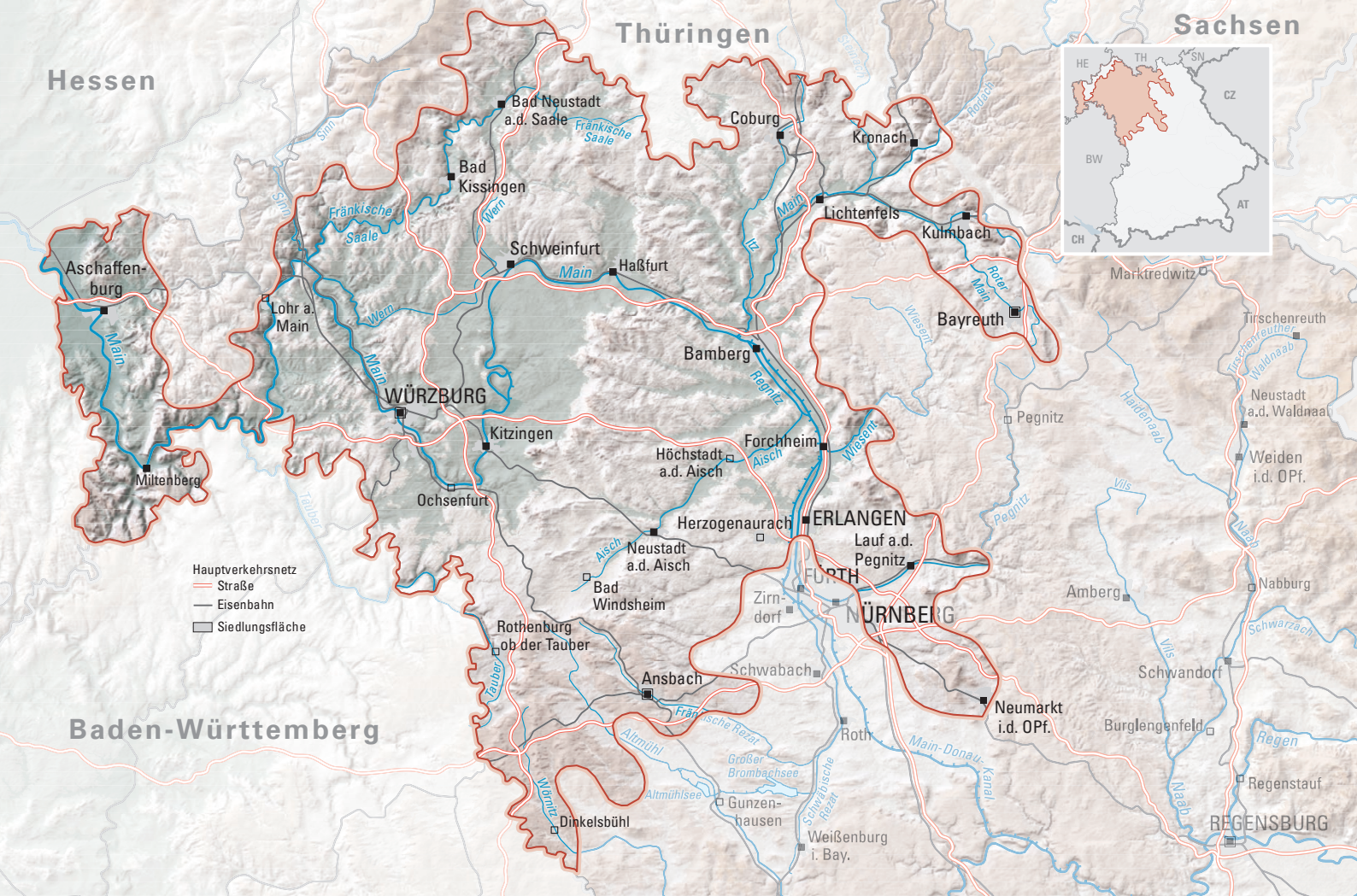


# Bayerns Klima im Wandel

Klimaregion Mainregion



# Klima



## Klimaregion Main

Fläche:  
rund 13.900 km<sup>2</sup>  
Höhe:  
102 bis 603 m über NN  
Mittlere Höhe:  
326 m über NN

### 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.

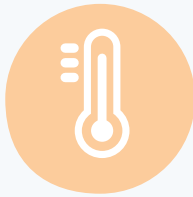
## Klimaregion Main stark von Trockenheit betroffen

Trockene Perioden gab es in der Mainregion immer wieder. Da die jüngsten Sommer sehr warm waren, ist der Regenmangel deutlicher zu spüren. Die Landwirtschaft ächzt unter der extremen Trockenheit. Der Weinbau sucht nach Wegen, mit den Folgen umzugehen.

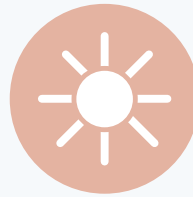
### Der Erwärmung ein Limit setzen

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.

## So hat sich das Klima in der Mainregion verändert: Trend von 1951 bis 2019



**Steigende  
Jahresmitteltemperatur**  
+1,8°C



**Heiße Sommer**  
+10 Tage im Jahr  
über 30°C



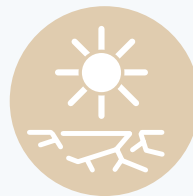
**Warme Winter**  
-14 Tage im Jahr unter 0°C



**Jahresniederschlag**  
kein klarer Trend



**Starkregen**  
+0,4 Tage mit mindestens  
30 mm Niederschlag



**Mehr Trockenperioden**  
knapp eine zusätzliche  
Woche ohne Regen von  
April bis Juni

### 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 etwa 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.

Die Mainregion ist die wärmste Klimaregion Bayerns und besonders betroffen, wenn Hitze und Trockenphasen zunehmen. Belastet sind sowohl die Städte wie auch die Landwirtschaft. Nutzungskonflikte um die Ressource Wasser können häufiger auftreten. Auch in der Forstwirtschaft und im Weinbau werden Veränderungen sichtbar – traditionelle Baumarten und Rebsorten vertragen das neue Klima schlecht.

Der Klimawandel ist in vollem Gange. In der Mainregion, seit je heiß und trocken, ist das bereits heute deutlich spürbar. Mit sofortigem und umfassendem Klimaschutz kann das Ausmaß der Folgen jetzt noch eingedämmt werden. Doch bei den aktuell vorherrschenden Temperaturen kommen Land- und Forstwirtschaft schon heute in Bedrängnis.

*Alle in der Broschüre angegebenen Klimazahlen sind Durchschnittswerte für die Region. Manche Werte variieren innerhalb der Region stark je nach Höhenlage.*

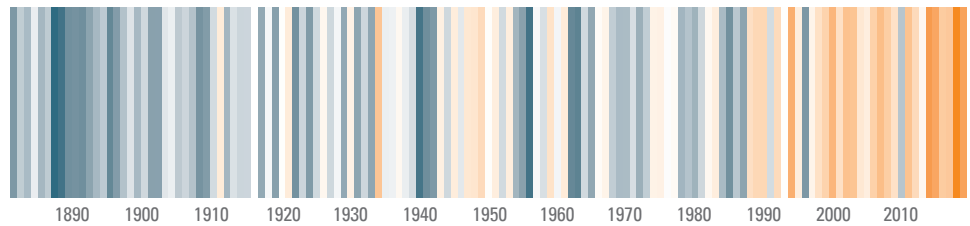
Diese Broschüre informiert über den Verlauf des Klimawandels in Bayern, um eine Anpassung vor Ort zu ermöglichen. Auch die weltweiten Folgen der Erderwärmung werden in Bayern zu spüren sein. Stürme, Dürren oder ein steigender Meeresspiegel in anderen Regionen der Erde wirken sich stark auf den Welthandel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

# Steigende Jahresmitteltemperatur

Die steigenden Temperaturen wirken sich unter anderem auch durch verlängerte Vegetationsperioden aus. Das eröffnet einerseits Chancen, kann aber auch das abgestimmte Zusammenspiel zwischen Bestäubern und Pflanzen durcheinanderbringen.

## Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in der Vergangenheit

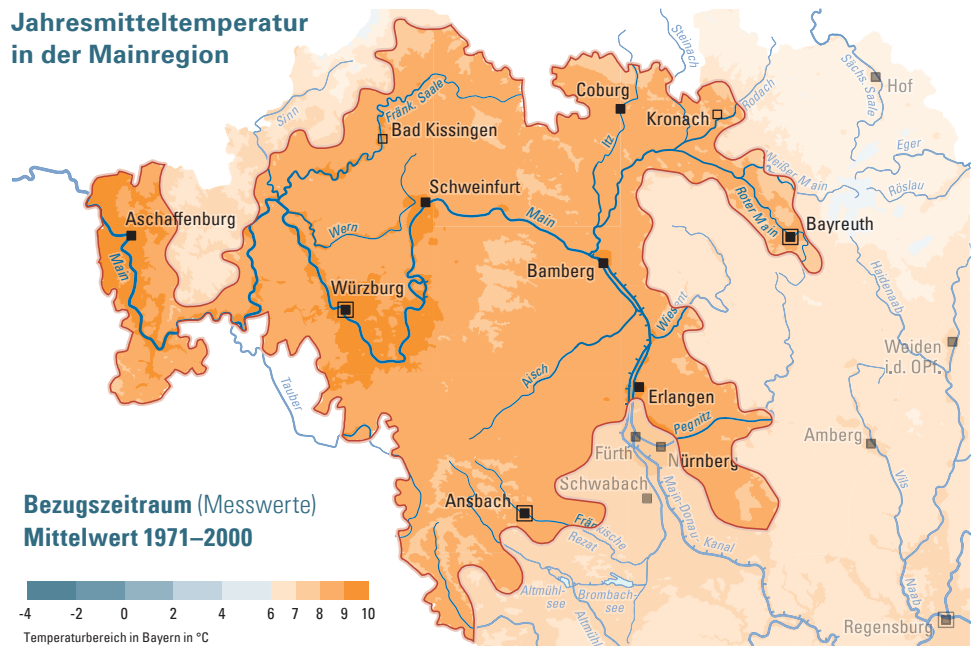
Die mittlere Jahrestemperatur in der Mainregion steigt. Von den zehn wärmsten Jahren seit 1881 haben wir allein fünf zwischen 2011 und 2019 erlebt.



Das Farbband zeigt, wie sich die Durchschnittstemperatur in der Mainregion von 1881 bis 2019 entwickelt hat. Jeder Streifen im Band steht für ein Jahr. Die Spanne reicht von 6,7°C (dunkelblau) bis 10,6°C (orange).

Die Mainregion ist niedrig gelegen zwischen den Mittelgebirgen Spessart, Rhön, Fränkische Alb und Frankenwald. Diese Gegend ist die wärmste Klimaregion Bayerns. Besonders warm innerhalb der Region sind die Gebiete um Würzburg und Aschaffenburg.

## Jahresmitteltemperatur in der Mainregion



Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) trägt mit Abstand am stärksten zur globalen Erwärmung bei. Weitere **Treibhausgase** sind unter anderem Methan und Lachgas.

## Blick in die Zukunft mit Klimasimulationen

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts hat sich die durchschnittliche Jahrestemperatur in der Mainregion bereits um 1,8°C erhöht. Wie stark sich die 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 werden wiederum verschiedene Klimamodelle betrachtet. So ergibt sich eine Bandbreite von Klimasimulationen. Mit deren Hilfe lässt sich die Abweichung des künftigen Klimas von dem der Vergangenheit einschätzen.



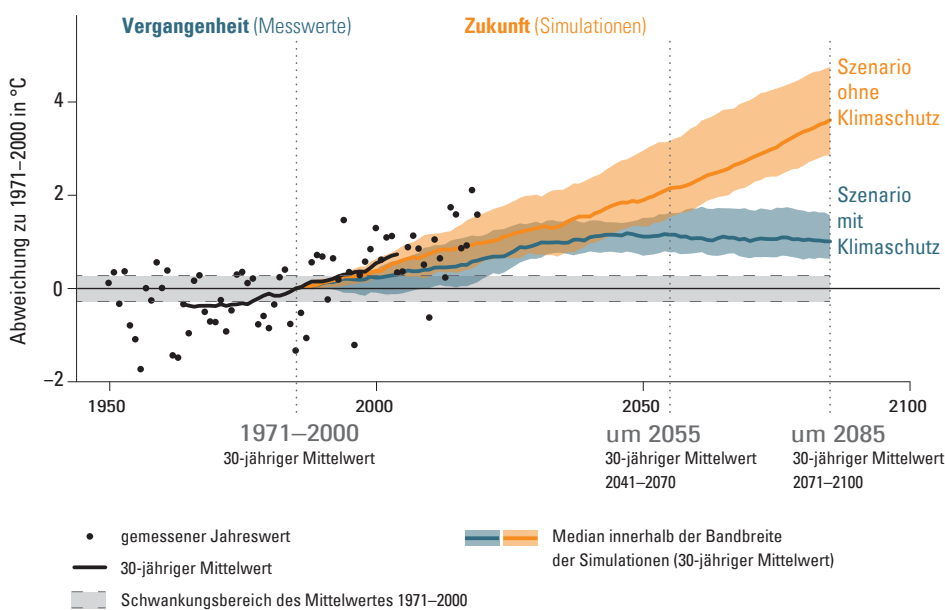
## Emissionsszenarien – mit und ohne Klimaschutz

In dieser Broschüre werden die Auswirkungen von zwei verschiedenen globalen Emissionsszenarien auf das Klima in der Mainregion 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.

### Jahresmitteltemperatur im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 in der Mainregion



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 auf dem Median 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.

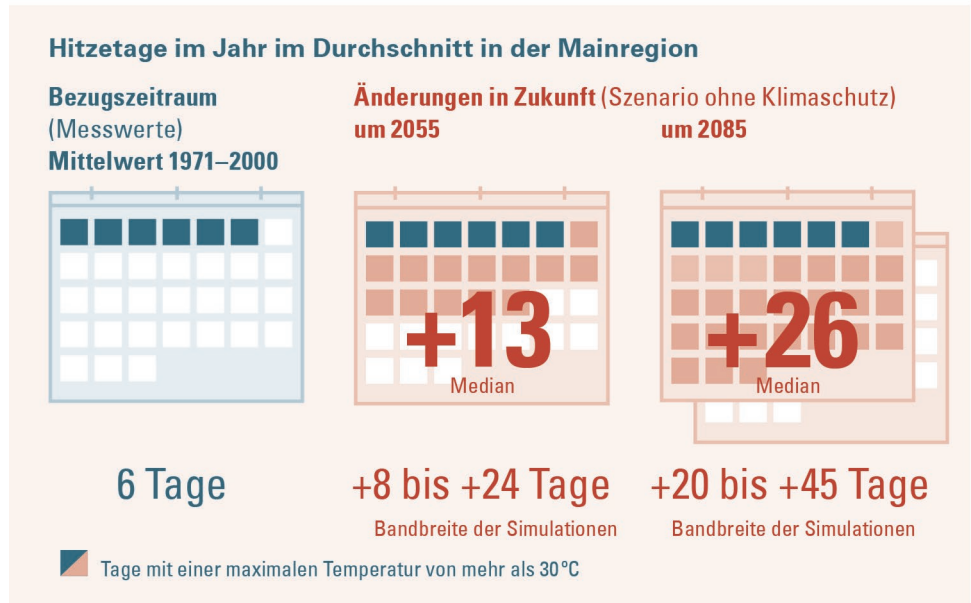
Bis zu  
**4,8°C**  
mehr

Die Jahresmitteltemperatur in der Mainregion lag im Bezugszeitraum 1971 bis 2000 bei 8,5°C. Ohne Klimaschutz wird bis Ende des Jahrhunderts im Mittel eine Zunahme um 3,6°C erwartet (maximal 4,8°C) – mit Klimaschutz dagegen nur um 1,0°C (maximal 1,6°C).

# Heiße Sommer

Noch stärker als die Jahresmitteltemperatur steigen die Höchsttemperaturen im Sommer. Die Landwirtschaft spürt die Folgen bereits. In Städten fällt die Hitzebelastung noch einmal höher aus, als es die großräumigen Klimasimulationen anzeigen. Das kann gesundheitliche Beschwerden verursachen.

Die Sommer in der Mainregion werden noch heißer. Heute schon ächzt die Region unter den meisten Hitzetagen im Vergleich zu anderen Regionen in Bayern. Ohne Klimaschutz würde es gegen Ende des Jahrhunderts an über fünfmal mehr Tagen im Jahr wärmer als 30°C werden.

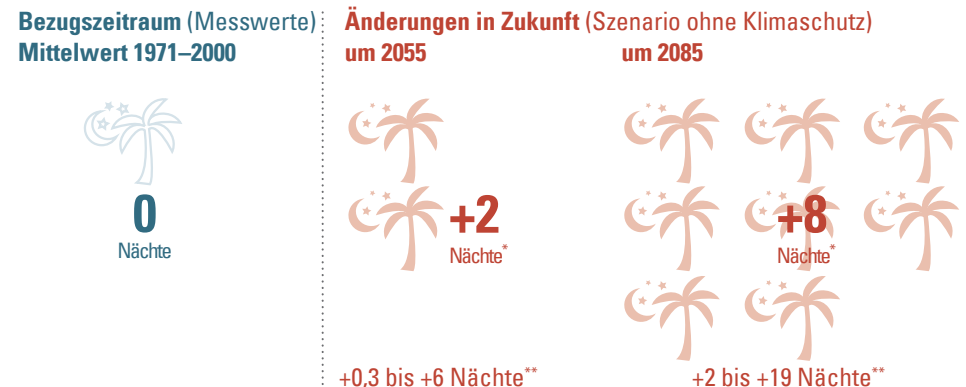


## Abkühlung in Sicht? Nur mit Klimaschutz.

Sonnenschein und Wärme im Sommer tun gut. Doch extreme Hitze wirkt sich negativ auf viele Bereiche des Lebens aus. Kühlt es nachts nicht ab, schlafen viele Menschen schlecht. Besonders ältere Menschen leiden oft stark unter der Hitze. Auch in der Landwirtschaft sind die Auswirkungen spürbar, etwa im Weinbau. Traditionelle fränkische Rebsorten kommen nicht gut mit der Hitze zurecht. Klimasimulationen zeigen, dass insbesondere ab Mitte des Jahrhunderts ohne Klimaschutz Hitzeereignisse deutlich zunehmen. Bei einem zügigen Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energien werden dagegen bis Ende des Jahrhunderts im Schnitt in der Mainregion nur sechs Hitzetage und 0,5 Tropennächte mehr erwartet als 1971 bis 2000.

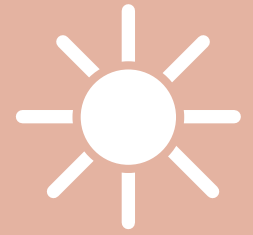
Im Bezugszeitraum (1971 bis 2000) blieb die Mainregion im Schnitt noch weitgehend von Tropennächten verschont. Allerdings haben sie seitdem bereits nachweislich zugenommen. Werden keine Klimaschutzmaßnahmen ergriffen, so wären sie bis Ende des Jahrhunderts regelmäßig zu erwarten.

### Tropennächte pro Jahr im Durchschnitt in der Mainregion



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

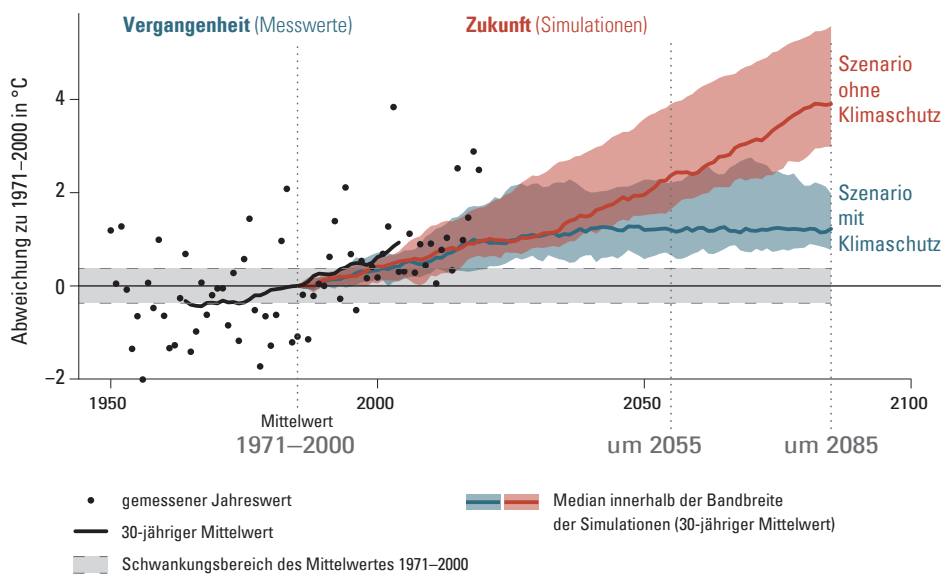
\*Median \*\*Bandbreite der Simulation



## 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 3,8°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, ließe sich die sommerliche Hitze noch stark eindämmen.

### Mittlere Sommertemperatur (Juni–August) im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 in der Mainregion



Bis zu  
**5,6°C**  
wärmer

Bisher waren die Sommer in der Mainregion durchschnittlich 16,9°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 begrenzen (maximal 2,0°C).

### Sonderfall Stadtklima

Die Werte der Klimasimulationen beziehen sich auf die großflächige Landschaft. In dicht bebauten Städten wie Würzburg und Aschaffenburg 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 und begrünte Gebäude: Durch Verdunstung und Beschattung sorgen sie für Abkühlung in der Stadt.

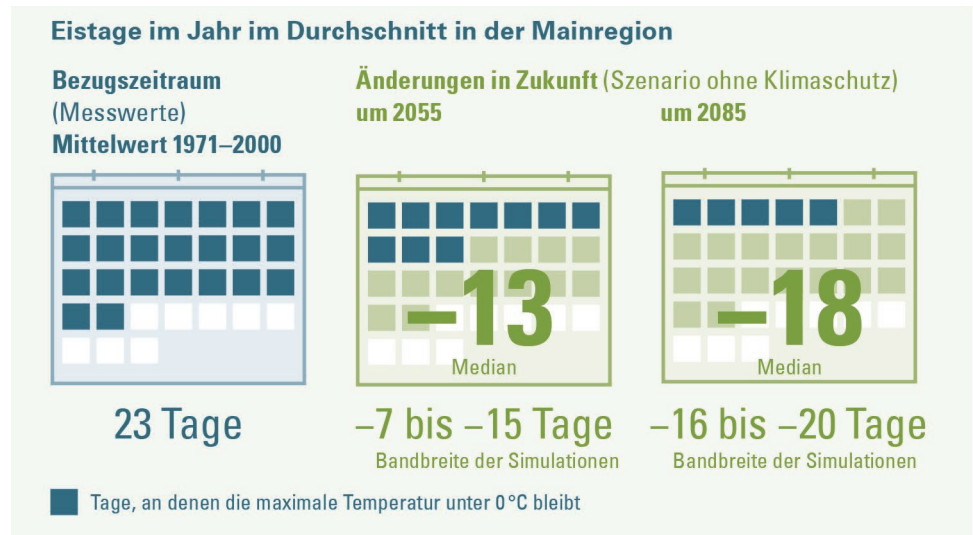


*Schatten spendende Alleen statt Verkehrsschneisen, Parkanlagen statt Asphaltwüsten, grüne Dächer und Fassaden, ein dichtes Netz von Rad- und Fußwegen und ein eng getakteter öffentlicher Nahverkehr: Die klimaangepasste Stadt ist gut für Mensch und Umwelt.*

# Warme Winter

Kaum Schnee und wenig Frost – die steigenden Durchschnittstemperaturen führen zu immer milderem Wintern. Zum Bedauern der Liebhaber des fränkischen Eisweins – zuletzt war es den Trauben nicht kalt genug, die Produktion fiel aus.

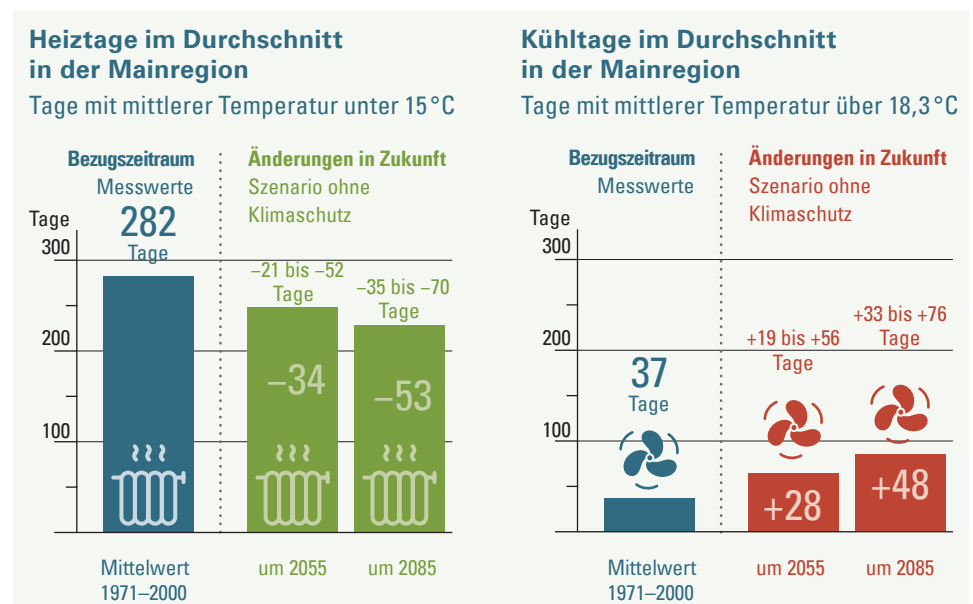
Die Mainregion ist die Region in Bayern mit den wenigsten Eistagen. Greift die Klimaschutzpolitik nicht rechtzeitig, würden sie bereits Mitte des Jahrhunderts noch einmal auf weniger als die Hälfte dahinschmelzen.



## Winter ade!

Klirrend kalte Eistage gibt es in der Klimaregion Main kaum noch. Davon profitieren Schädlinge – mit negativen Folgen für die Land- und Forstwirtschaft. Selbst im Szenario mit Klimaschutz würde sich die Zahl der Eistage erwartungsgemäß bis Mitte des Jahrhunderts um acht Tage verringern. Bis Ende des Jahrhunderts wird dann jedoch keine weitere Abnahme erwartet.

Ein positiver Effekt warmer Winter: Der sinkende Heizbedarf spart Energie. Seit 1951 muss heute durchschnittlich bereits an 28 Tagen weniger geheizt werden. Bei ungünstigstem 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.



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

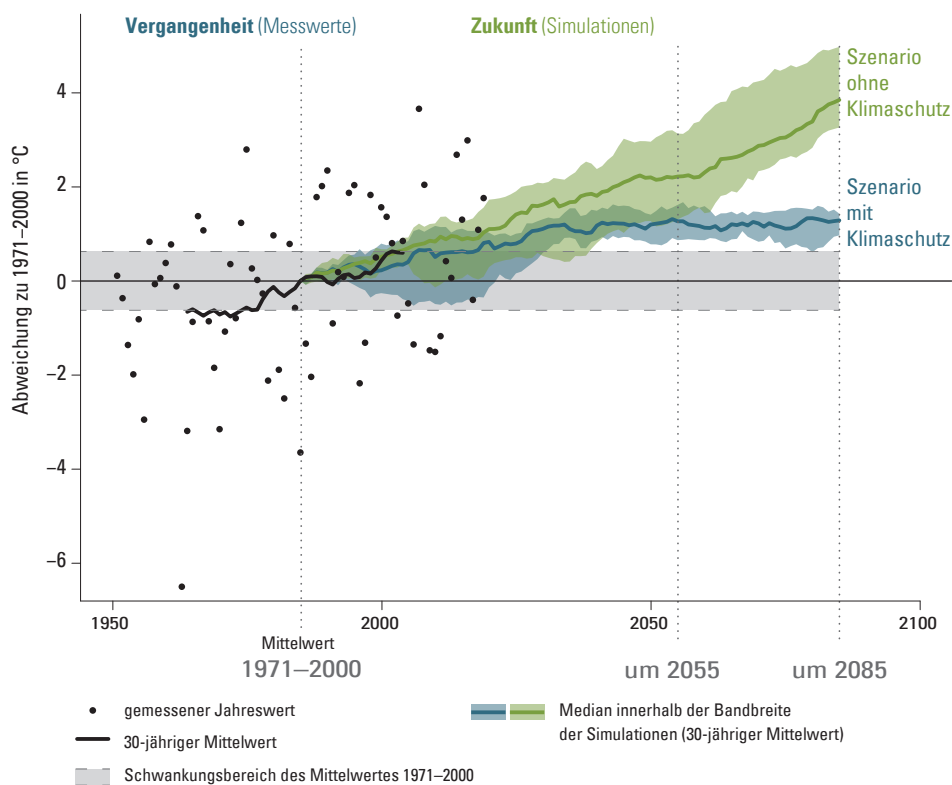




## Veränderung der Wintertemperatur

Bis zum Beginn des neuen Jahrtausends verlief der Temperaturanstieg in den Wintermonaten noch recht moderat. In den vergangenen Jahren gab es jedoch vermehrt warme Winter. Am wärmsten seit 1881 war bislang der Winter 2006/2007. Solche Winter könnten gegen 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 der Mainregion



Bis zu  
**5,0°C**  
 wärmer

Die Mainregion war schon immer die wärmste Gegend in Bayern. Sie ist die einzige Region, deren Durchschnittstemperatur im Winter über 0°C liegt (Mittelwert 1971 bis 2000: 0,3°C). Im Szenario ohne Klimaschutz wird ein Anstieg um 3,8°C erwartet (maximal 5,0°C), mit Klimaschutz nur um 1,3°C (maximal 1,4°C).

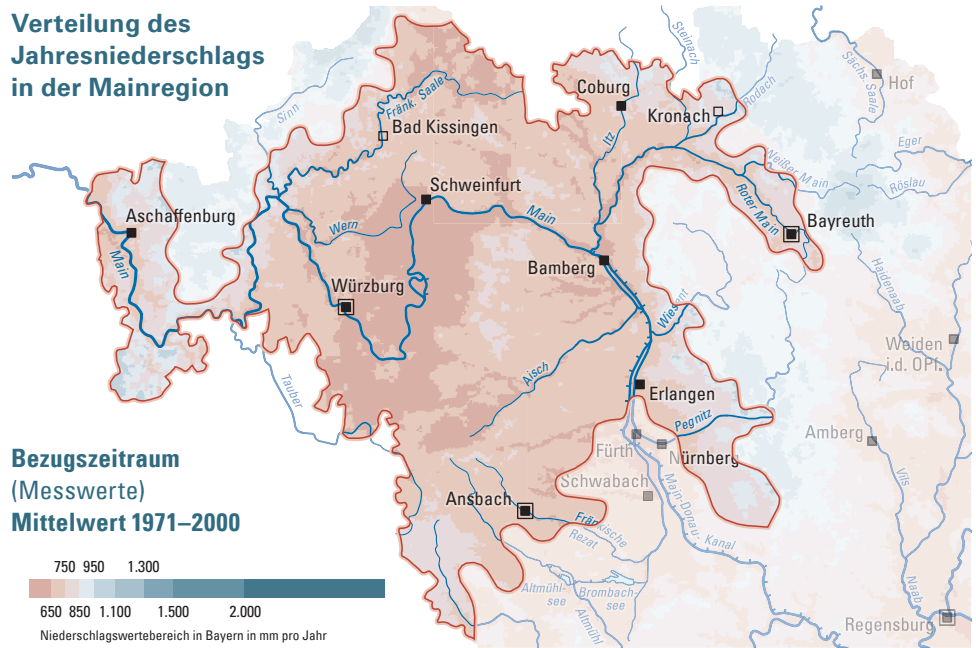


Ein Passivhaus benötigt kaum Energie für das Heizen im Winter und das Kühlen im Sommer. Eine Solaranlage auf dem Dach übernimmt die restliche Energieversorgung und spart CO<sub>2</sub>. Intelligent ausgerichtete Fenster und ein Wärmespeicher aus Lehm oder Stein sorgen auch im Gebäude ganzjährig für ein gutes Klima. In Massivholzwänden ist CO<sub>2</sub> sogar gespeichert.

# Variable Niederschläge

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

## Verteilung des Jahresniederschlags in der Mainregion



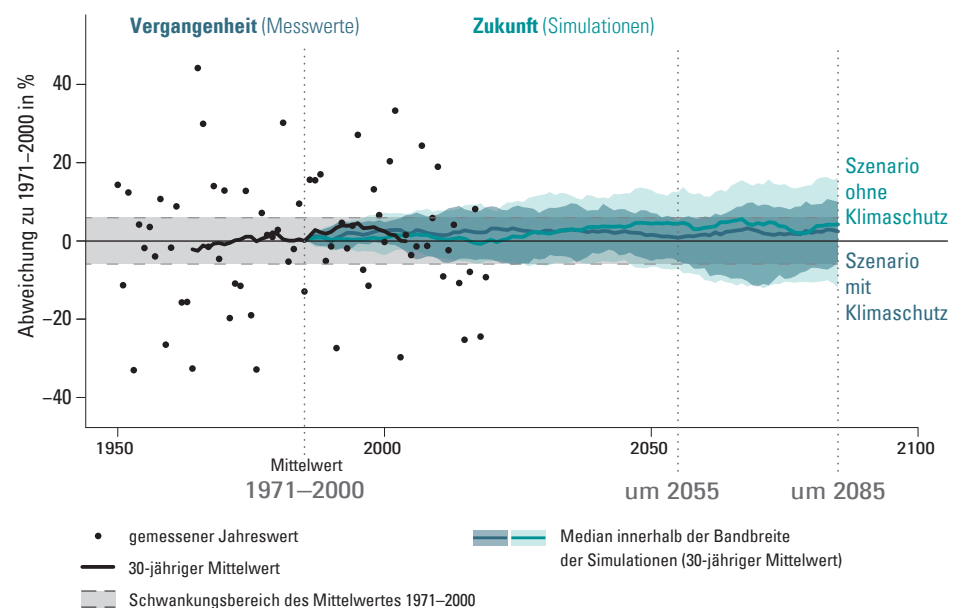
Die Mainregion ist mit 710 mm der Landesteil von Bayern mit dem geringsten Jahresniederschlag. In Gebieten dieser Gegend, die noch unter diesem Durchschnitt liegen, ist das für die Land- und Forstwirtschaft eine Herausforderung. Das ist etwa im Maindreieck der Fall.

## Jahresniederschlag: kein klarer Trend

Der jährliche Niederschlag in der Mainregion hat sich seit 1951 weder eindeutig verringert noch erhöht. Im vergangenen Jahrzehnt traten zwar vermehrt niederschlagsarme Jahre auf. Diese Zeitspanne ist aber zu kurz, um bereits einen Trend abzuleiten.

## Jahresniederschlag in % im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 im Durchschnitt in der Mainregion

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



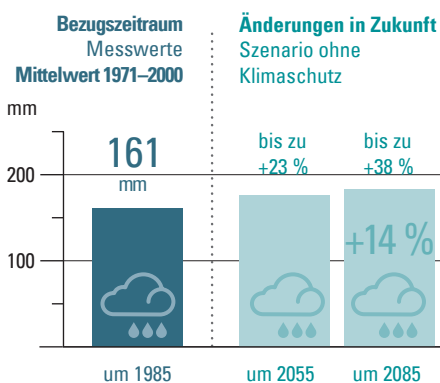


## Umverteilung des Niederschlags zwischen den Jahreszeiten

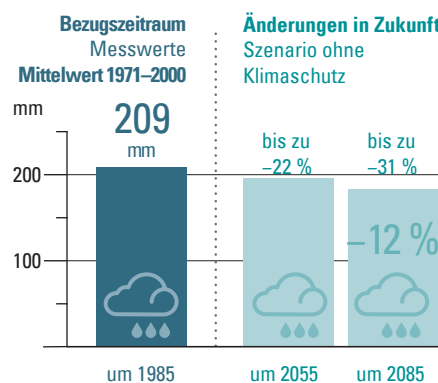
Nicht nur die Gesamtmenge des Jahresniederschlags ist von Bedeutung, sondern auch, wann er fällt. In der Mainregion gibt es bisher keinen belastbaren Trend für eine Veränderung der Niederschlagsmenge je nach Jahreszeit. Für die zweite Hälfte des Jahrhunderts kommt die überwiegende Mehrheit der Klimasimulationen allerdings zu dem Ergebnis, dass der Niederschlag ohne wirksamen Klimaschutz im Sommer ab- und im Frühjahr und Winter zunehmen wird. Was den Herbst betrifft, sind sich die verschiedenen Simulationen nicht einig, im Mittel wird deshalb keine Änderung erwartet. Kann der Ausstoß von Treibhausgasen in naher Zukunft deutlich verringert werden, so ist im Mittel keine jahreszeitliche Umverteilung zu erwarten.

### Jahreszeitlicher Niederschlag im Durchschnitt in der Mainregion

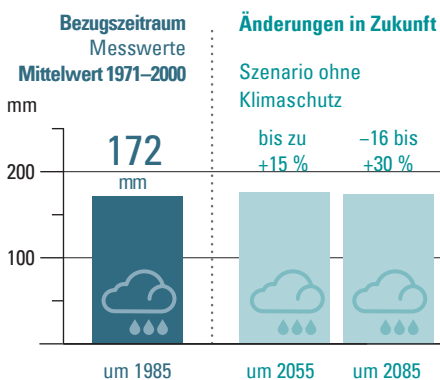
#### Frühling



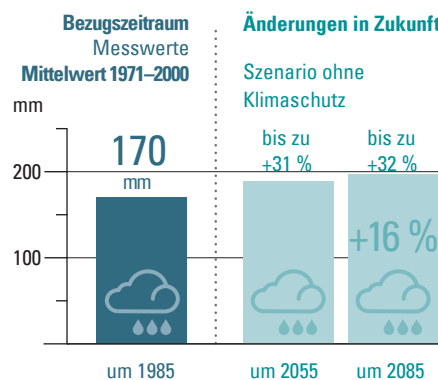
#### Sommer



#### Herbst



#### Winter



Die Werte in den Balken entsprechen dem Median aus der Bandbreite der Klimasimulationen (oberhalb der Balken). Werte, die so gering sind, dass sie nicht als Änderung des Klimas interpretiert werden, sind nicht als Zahlen angegeben.

### 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 wie 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.

# Feuchtere Winter, trockenere Sommer

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

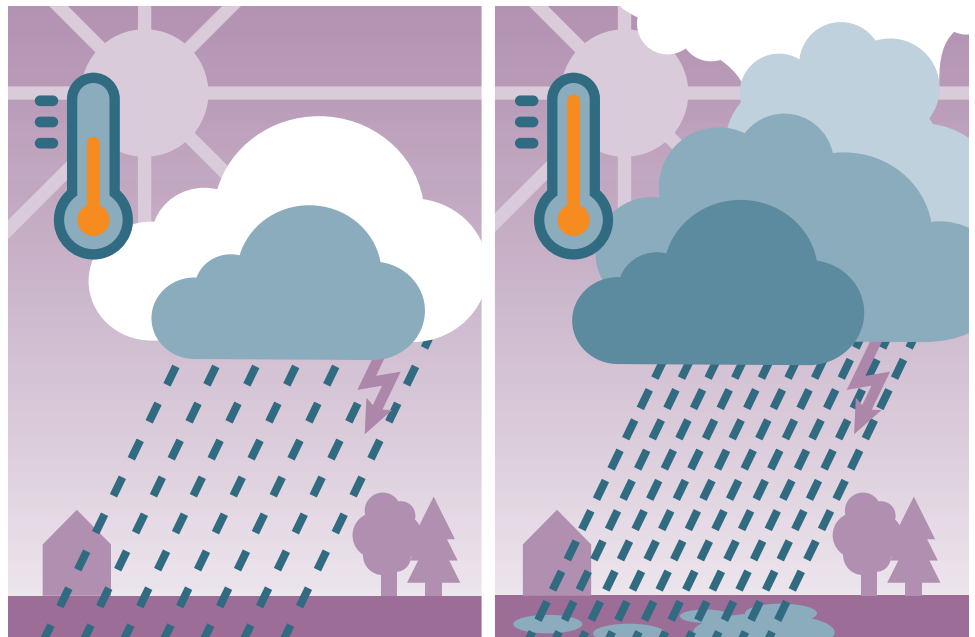
## Heftige Regenfälle

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

Im Sommer 2016 führte extremer Starkregen innerhalb weniger Stunden unter anderem am Main und bei Ansbach zu folgenschweren Sturzfluten, Hochwasser und sogar einer Schlammlawine. 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 bayernweiten Vergleich weist die Klimaregion Main die geringste Anzahl von Starkregentagen auf. Allerdings ist bereits ein Trend zur Zunahme zu beobachten. Ohne Klimaschutzmaßnahmen wird eine weitere Zunahme der Starkregentage bereits in der Mitte des Jahrhunderts erwartet. Laut den Modellrechnungen erhöht sich dabei aber nicht die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr, der gleiche Niederschlag fällt also an weniger Tagen. Werden zügig Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt, so wird keine Zunahme der Starkregentage erwartet.

### Starkregentage pro Jahr im Durchschnitt in der Klimaregion Main

Bezugszeitraum (Messwerte)  
Mittelwert 1971–2000



0,8  
Tage

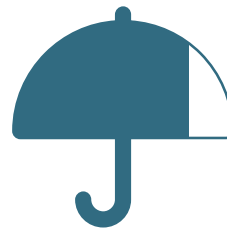
  Tage mit mindestens  
30 mm Niederschlag

Änderungen in Zukunft (Szenario ohne Klimaschutz)  
um 2055



+0,4  
Tage\*

bis zu +0,9 Tage\*\*



+0,6  
Tage\*

bis zu +1,2 Tage\*\*

\*Median \*\*Bandbreite der Simulation

Werte, die so gering sind, dass sie nicht als Änderung des Klimas interpretiert werden, sind nicht als Zahlen angegeben.

## Mehr Starkregentage

In der Mainregion sind Starkregentage verhältnismäßig selten zu beobachten. Ohne Klimaschutz wird jedoch eine Zunahme in der Mitte und noch stärker gegen Ende des Jahrhunderts erwartet. Darin stimmen fast alle Klimasimulationen überein.

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  $\text{CO}_2$  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

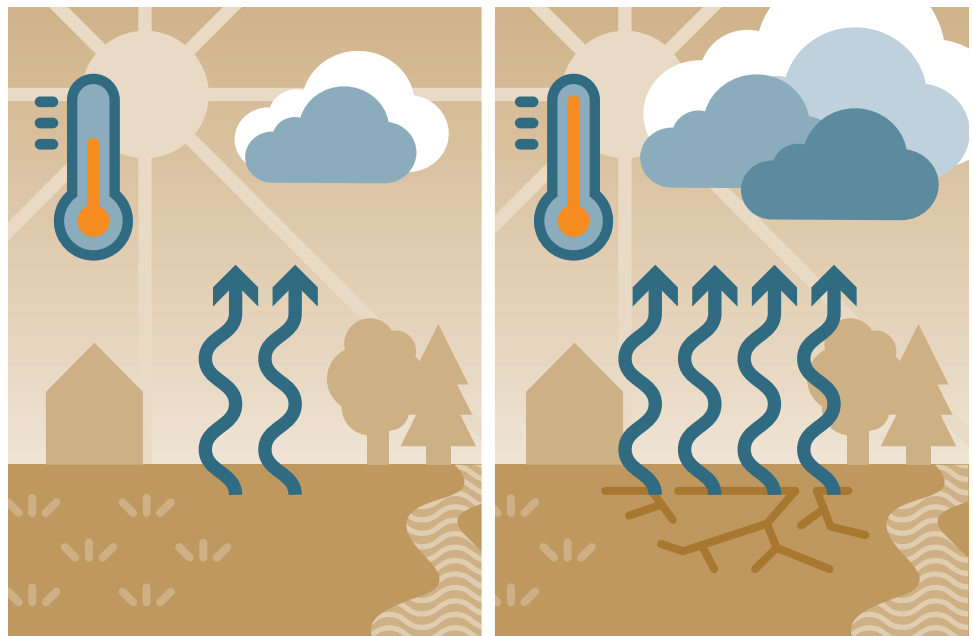
Ernteaussfälle, absterbende Bäume, niedrige Wasserpegel – die Mainregion spürt bereits, wie sich Wassermangel im Sommer auswirkt. In Zukunft wird es noch trockener: Der Temperaturanstieg verstärkt die Verdunstung. Ohne Klimaschutz könnten zudem die Niederschläge abnehmen.

In der Mainregion ist zu beobachten, wie sich trockene Sommer auswirken: Fichten und Kiefern sterben bereits ab. Auch die Buche kommt an ihre Grenzen. Weniger Wasser bei steigenden Temperaturen in Seen und in Flüssen wie dem Main führt zudem zu Sauerstoffmangel, der Wassertiere gefährdet. Im Gegenzug steigt der Wasserbedarf vieler Nutzer.

Seit 1951 kommen Wochen ohne Regen von April bis Juni immer häufiger vor. Für die Zukunft wird ohne Klimaschutz eine Zunahme solcher niederschlagsfreien Wochen allerdings eher in der Zeit von Juli bis September erwartet: Im Bezugszeitraum 1971 bis 2000 fiel von Juli bis September im Schnitt etwa dreimal eine Woche lang am Stück kein Regen. Ohne Klimaschutz wird im Schnitt knapp eine weitere regenfreie Woche erwartet, während mit Klimaschutz keine Änderungen wahrscheinlich sind.

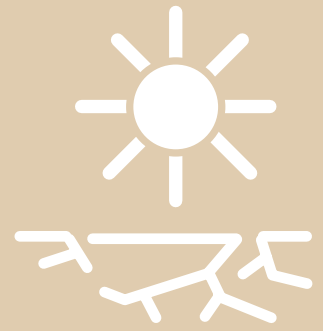
### Höhere Temperaturen verstärken Verdunstung

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 innerhalb von wenigen Ereignissen anstatt gleichmäßig verteilt, fließt ein Großteil des Wassers ab. Es kann nicht versickern, da der Boden die Wassermenge nicht so schnell aufnimmt.



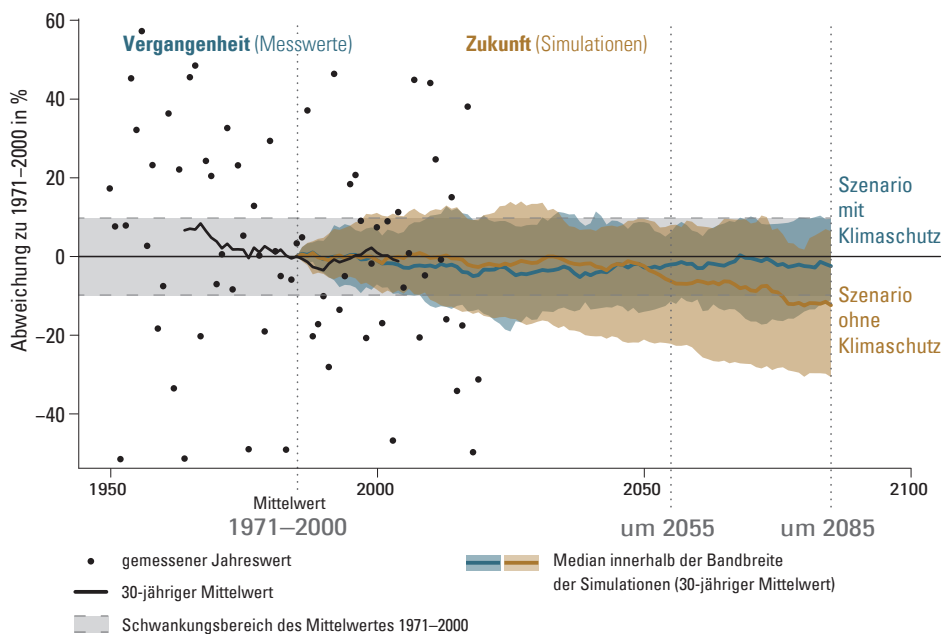
## Veränderung des Sommerniederschlags

Der Sommerniederschlag zeigt sich in der Mainregion sehr variabel. Da es generell wenig regnet, fallen die Schwankungen von Jahr zu Jahr stark ins Gewicht. Seit 1951 treten sehr trockene Jahre immer wieder auf. Gut im Gedächtnis ist das regenarme Jahr 2018 mit 50 % weniger Niederschlag als im Mittel der Jahre 1971 bis 2000. Noch etwas weniger Regen fiel bereits 1952 und 1964. Deshalb lässt sich kein abnehmender Trend des Sommerniederschlags nachweisen, obwohl es sich für die Menschen in der Mainregion bereits so anfühlt.

Die Mehrheit der Klimasimulationen sagt allerdings aus, dass der Sommerniederschlag bei einer unverminderten Erderwärmung bis Ende des Jahrhunderts abnimmt. Mit einer raschen Reduzierung der weltweiten Treibhausgasemissionen lässt sich diese Entwicklung sehr wahrscheinlich aufhalten.

Bis zu  
-31 %

### Sommerniederschlag (Juni–August) in % im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 im Durchschnitt in der Mainregion



In den Sommermonaten fielen in der Mainregion im Schnitt bisher 209 mm Niederschlag. Ohne Klimaschutz wird um 2085 12% weniger Sommerregen erwartet (maximal 31% weniger). Mit Klimaschutz wird hingegen 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

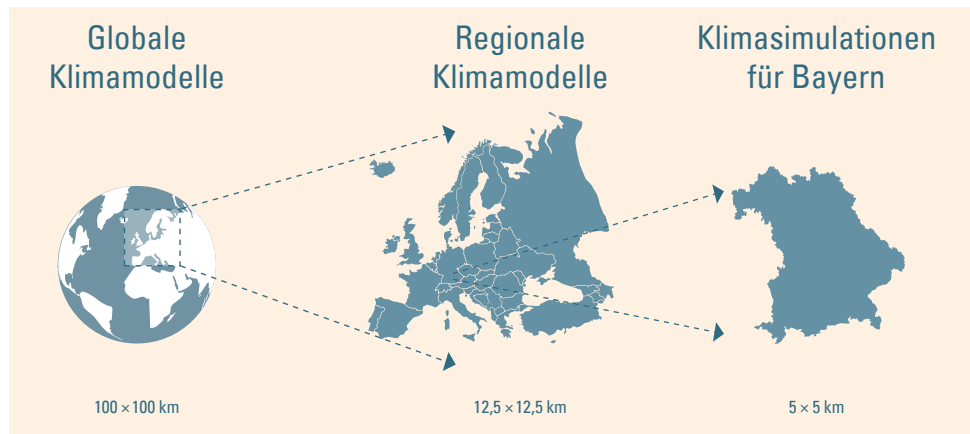
Wie sich das Klima entwickelt, hängt davon ab, ob der weltweite Ausstoß von Treibhausgasen in den nächsten Jahren deutlich reduziert wird oder nicht. Klimamodelle rechnen daher mit unterschiedlichen Emissionsszenarien.

## 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  $100 \times 100$  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  $5 \times 5$  km umgerechnet.

## Datengrundlage

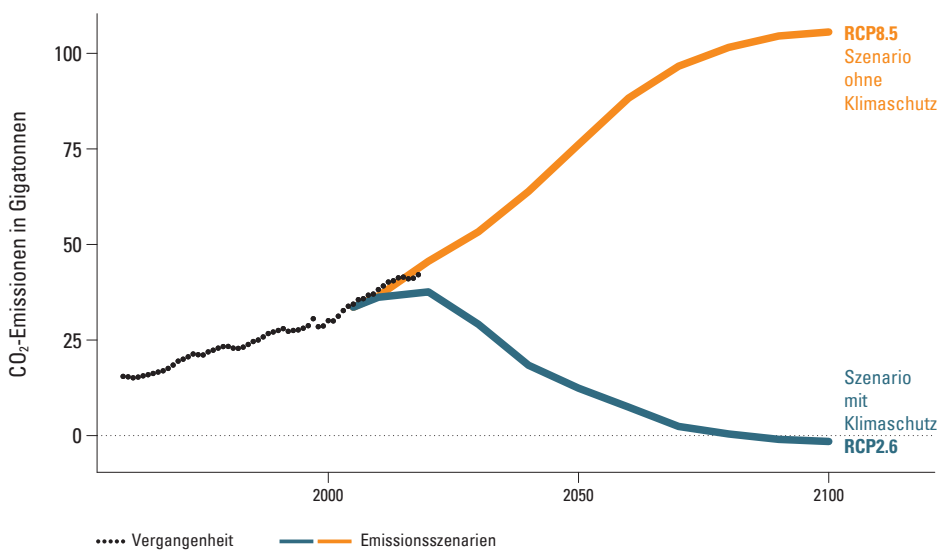
Die Messwerte beruhen auf Daten des Deutschen Wetterdienstes und auf dem europäischen Beobachtungsdatensatz E-OBS. Die Ergebnisse für die Zukunft beruhen auf Auswertungen regionaler Klimaprojektionen (EURO-CORDEX, ReKliEs-De). Für das Szenario ohne Klimaschutz standen zwölf, für das Szenario mit Klimaschutz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

### CO<sub>2</sub>-Ausstoß und RCP-Szenarien

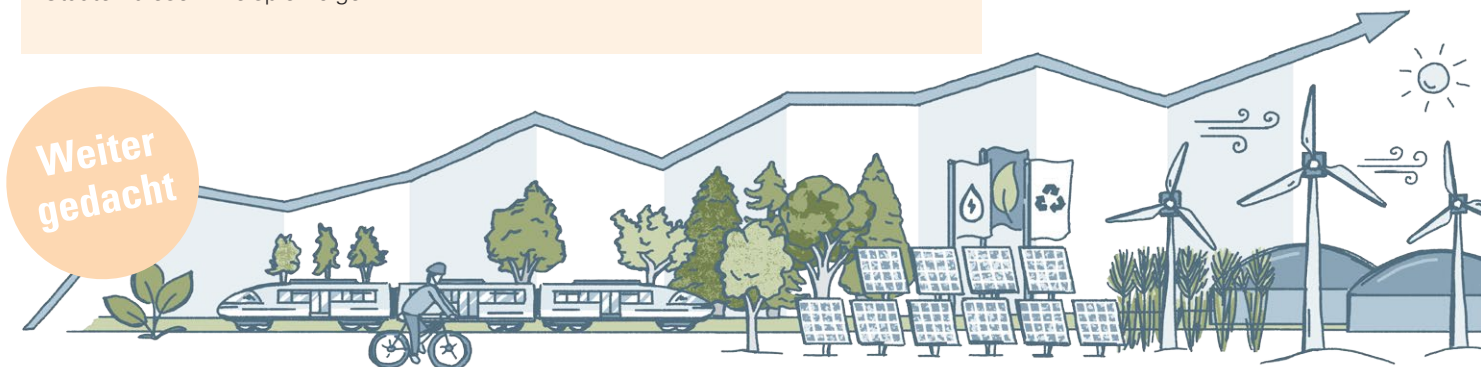


Während beim Szenario RCP2.6 eine globale Zwei-Grad-Obergrenze durch Klimaschutz eingehalten werden kann, entspricht das Szenario RCP8.5 einem ungebremsten Treibhausgasausstoß. Bislang folgte der globale CO<sub>2</sub>-Ausstoß in etwa dem Szenario RCP8.5. Eine konsequente Klimapolitik kann das aber ändern.

Weltweit durch den Menschen verursachter Netto-CO<sub>2</sub>-Ausstoß  
 Daten: IPCC, Global Carbon Budget 2019

### Wie funktioniert Klimapolitik?

Im Gegensatz zum globalen CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 beachtliche 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](http://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](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/faktenblaetter/index.htm).

Eine Übersicht der Klimaänderungen kann unter [www.klimainformationssystem.bayern.de](http://www.klimainformationssystem.bayern.de) abgerufen werden.



#### Unsere weiteren Broschüren

- Bayern
- Alpen
- Alpenvorland
- Südbayerisches Hügelland
- Donauregion
- 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](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

### Text/Konzept:

LfU Klima-Zentrum,  
KOMPAKTMEDIEN  
Agentur für Kommunikation GmbH

### Bildnachweis:

- © Unclesam – stock.adobe.com: Titel r. (Weinrebe)
- © openlines.de – stock.adobe.com, Titel r. (Würzburger Residenz)
- © Basicmoments – stock.adobe.com, Titel r. (Buche)
- © comauthor – stock.adobe.com: S.16 (Globus)
- © WoGi – stock.adobe.com: S.16 (Europakarte)

LfU: Frank Karlstetter, Titelcollage, S.12, S.14;  
Sophia Pospiech, S.7 u., S.9 u., S.13 u., S.15 u.,  
S.17 u.; Elke Graßmann, S.4 u., S.6 u., S.10 o.,  
S.11, S.13 o., S.18, Nadeeka Pinto, S.6 u.,  
S.13 o.

Alle weiteren: LfU

### Fachdaten für Karten S. 4, S.10:

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Deutscher Wetterdienst

### Stand:

April 2021, 2. unveränderte Auflage

### Druck:

Joh. Walch GmbH & Co. KG  
Im Gries 6, 86179 Augsburg  
Juli 2022

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier,  
zertifiziert nach dem „Blauen Engel“

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](mailto: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

