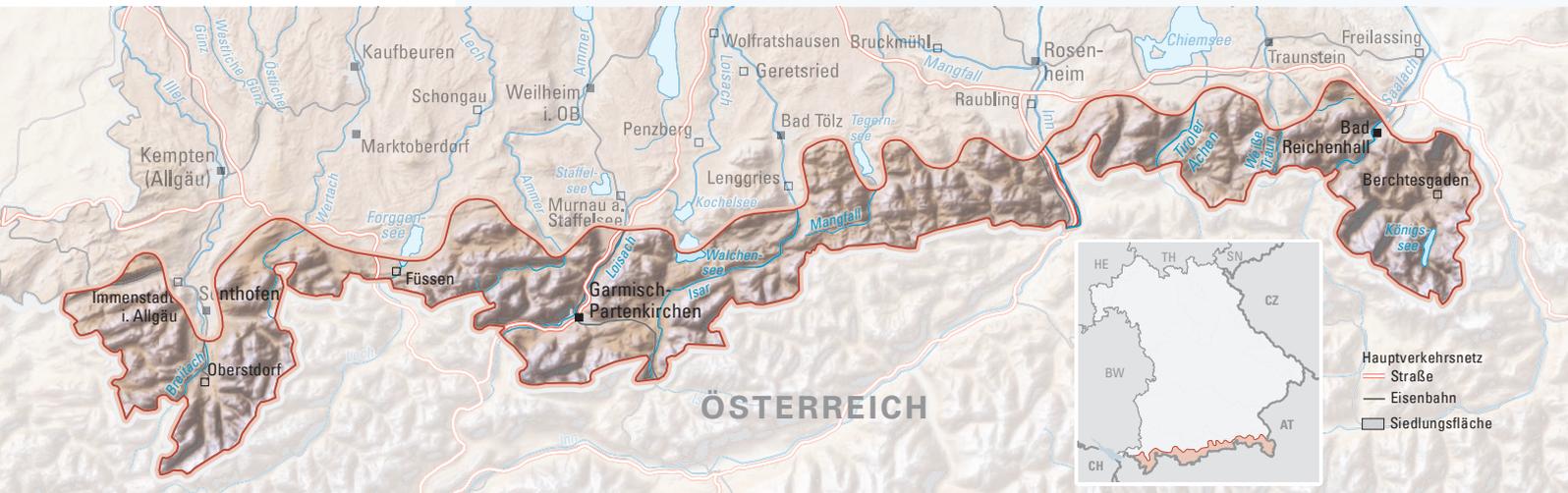


# Bayerns Klima im Wandel

## Klimaregion Alpen

klima





### Klimaregion Alpen

Fläche:  
rund 3.700 km<sup>2</sup>  
Höhe:  
456 bis 2.962 m über NN  
Mittlere Höhe:  
1.150 m über NN

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

### 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.

## Sensibler Alpenraum in Gefahr

Was wird aus Enzian, Edelweiß und ewigem Eis? Auf die empfindlichen alpinen Ökosysteme wirkt sich die voranschreitende globale Erwärmung besonders stark aus. Seltenen Pflanzen und Tieren droht der Verlust ihres Lebensraums; auch der Wasserhaushalt gerät aus dem Lot.

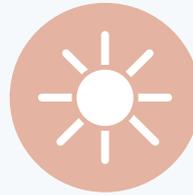
### Der Erwärmung ein Limit setzen

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 Klimaabkommen 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 Alpenregion verändert: Trend von 1951 bis 2015



**Steigende  
Jahresmitteltemperatur**  
+1,5 °C



**Wärmere Sommer**  
+12 Tage im Jahr  
mit mindestens 25 °C



**Mildere Winter**  
-11 Tage im Jahr unter 0 °C



**Jahresniederschlag**  
keine Änderung



**Starkregen**  
bislang kein Trend



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

Der Klimawandel ist in vollem Gange. In den Alpen zeigen sich die Folgen wie in keiner anderen Region Bayerns. Mit sofortigem und umfassendem Klimaschutz kann das zukünftige Ausmaß jetzt noch eingedämmt werden. Doch schon bei den aktuell vorherrschenden Temperaturen werden die bayerischen Gletscher in den nächsten Jahrzehnten vollständig verschwunden sein.

## 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 Ökosysteme der Alpen reagieren äußerst sensibel auf die steigenden Temperaturen. Pflanzen und Tiere, die an das bisherige Klima je Höhenlage angepasst sind, „wandern“ in Richtung Gipfel. Sie könnten die dortige Flora und Fauna, die nicht weiter nach oben ausweichen kann, auf Dauer verdrängen. Sind die Gletscher erst einmal verschwunden und ist die Schneebedeckung zurückgegangen, fehlt das Schmelzwasser in den alpinen Feuchtgebieten ebenso wie in den Flüssen ganz Südbayerns.

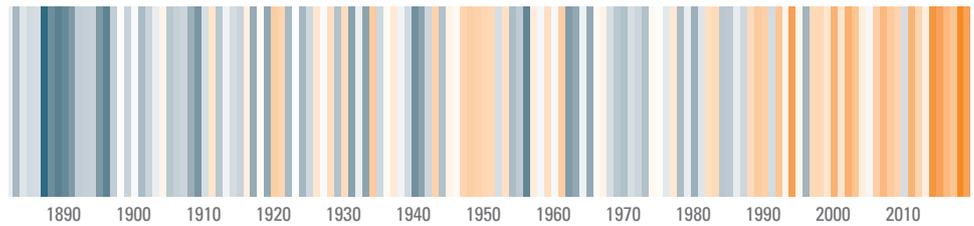
Diese Broschüre informiert über den Verlauf des Klimawandels in Bayern, um eine Anpassung vor Ort zu ermöglichen. Auch die weltweiten Folgen der Erderwärmung werden in Bayern zu spüren sein. Stürme, Dürren oder ein steigender Meeresspiegel in anderen Regionen der Erde wirken sich stark auf den Welthandel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

# Steigende Jahresmitteltemperatur

Tiere und Pflanzen „wandern“ bergauf und auftauende Dauerfrostböden begünstigen Felsstürze: Die Folgen des Klimawandels sind im Alpenraum schon spürbar und werden sich – insbesondere ohne Klimaschutz – weiter verschärfen. In den Alpen wird der bayernweit stärkste Temperaturanstieg erwartet.

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

## Entwicklung der Jahresmitteltemperatur in der Vergangenheit

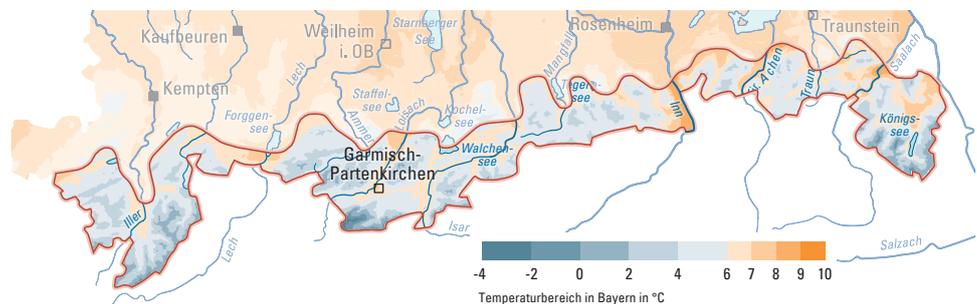


Das Farbband zeigt, wie sich die Durchschnittstemperatur in der Klimaregion Alpen von 1881 bis 2019 entwickelt hat. Jeder Streifen im Band steht für ein Jahr. Die Spanne reicht von 3,3°C (dunkelblau) bis 7,0°C (orange).

Die Alpen sind aufgrund ihrer Höhenlage eine besonders kühle Region. Mit zunehmender Höhe sinkt die Temperatur. Zwischen Tälern und Bergen, Nord- und Südhängen gibt es große Temperaturunterschiede. In großen Höhen, etwa an der Zugspitze, tritt durch die ganzjährig geringe Lufttemperatur Permafrost auf. Das heißt, die Temperatur in Boden und Fels liegt dauerhaft unter 0°C.

## Jahresmitteltemperatur in der Klimaregion Alpen

Bezugszeitraum (Messwerte) Mittelwert 1971–2000



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 Klimaregion Alpen bis 2015 bereits um 1,5°C erhöht, etwas weniger als im bayernweiten Durchschnitt. In Zukunft könnte der Temperaturanstieg in der Region jedoch sogar über dem bayerischen Durchschnitt liegen. 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.



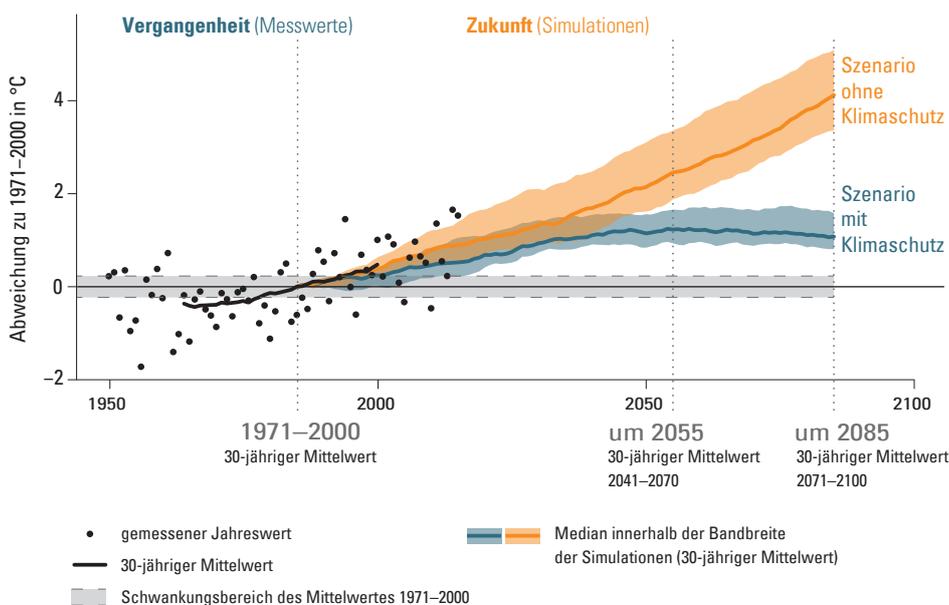
## Emissionsszenarien – mit und ohne Klimaschutz

In dieser Broschüre werden die Auswirkungen von zwei verschiedenen globalen Emissionsszenarien auf das Klima der bayerischen Alpenregion 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 Klimaregion Alpen



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.

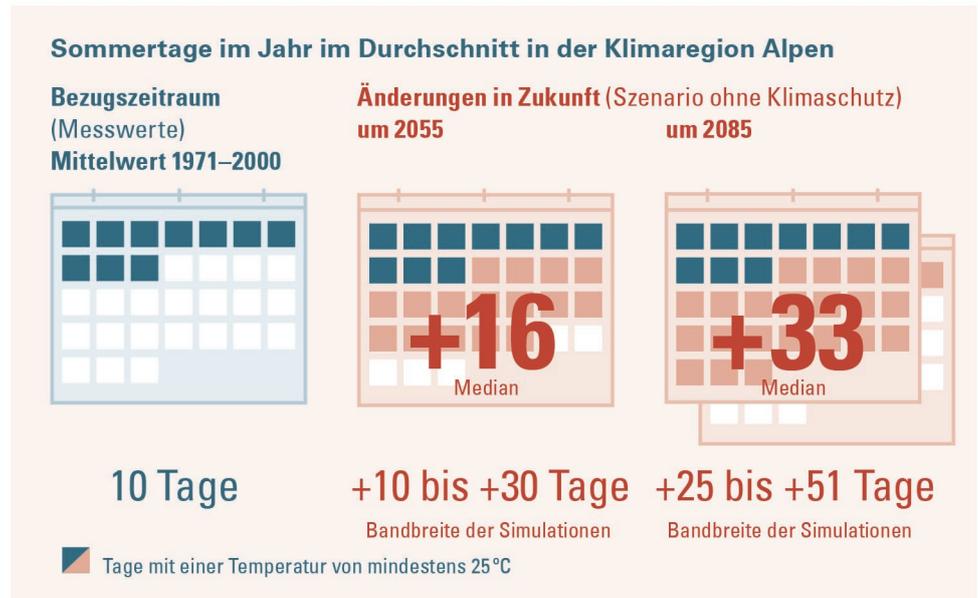
Bis zu  
**5,1 °C**  
mehr

Die Jahresmitteltemperatur in der Alpenregion lag im Bezugszeitraum 1971 bis 2000 bei 5,7°C. Ohne Klimaschutz wird bis Ende des Jahrhunderts im Mittel eine Zunahme um 4,1°C erwartet (maximal 5,1°C) – bayernweit überdurchschnittlich. Mit Klimaschutz wird im Mittel eine Erwärmung um 1,1°C erwartet (maximal 1,6°C).

## Wärmere Sommer

Noch stärker als die Jahresmitteltemperatur steigen die Temperaturen im Sommer. Die Zahl warmer Sommertage wird in der Alpen-region weiter zunehmen. Selbst Tage mit mehr als 30°C sind möglich. Schon heute bringt die Wärme die Ökosysteme durcheinander und die Gletscher zum Schmelzen.

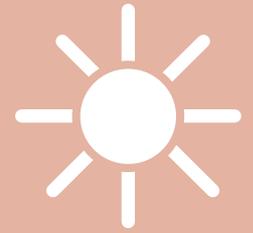
Auch in den Alpen werden die Sommer wärmer. Ohne Klimaschutz könnte es gegen Ende des Jahrhunderts an bis zu dreimal mehr Tagen im Jahr mindestens 25°C warm werden.



## Flora und Fauna im Klimastress, Gletscher verschwinden

Die Ökosysteme der Alpen sind perfekt an die extremen Bedingungen im Hochgebirge angepasst. Die steigenden Temperaturen zwingen die Lebensgemeinschaften daher, in höher gelegene, kühlere Gebiete umzusiedeln. Manche von ihnen sind besonders bedroht, da sie nicht mit der Geschwindigkeit mithalten können oder von den Arten, die aus niedrigeren Lagen nachrücken, verdrängt werden. Auch die Gletscher schmelzen rapide. Bleiben die bislang beobachteten Schmelzraten konstant, werden Bayerns Gletscher in den nächsten Jahren bis Jahrzehnten verschwinden. Sind die Gletscher erst einmal verloren, fehlt das Schmelzwasser im Sommer in den Flüssen – von den Alpenbächen bis zur Donau. Die Wassertemperaturen steigen und verändern Flora und Fauna der Gewässer.

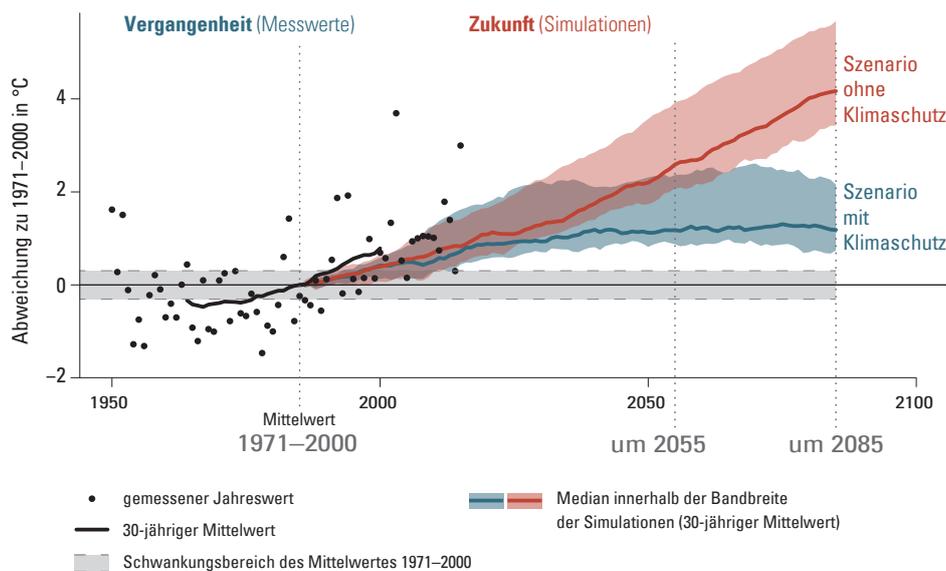
Klimasimulationen zeigen, dass ohne Klimaschutz insbesondere gegen Ende des Jahrhunderts warme Sommertage deutlich zunehmen. Im Mittel könnte es dann an sieben Tagen sogar über 30°C warm werden. Solche Hitzetage waren bislang eine große Ausnahme in der Region. Im Szenario mit Klimaschutz, etwa durch einen zügigen Umstieg von fossilen auf erneuerbare Ressourcen, werden dagegen bis Ende des Jahrhunderts im Schnitt nur sechs Sommertage und ein Hitzetag mehr als 1971 bis 2000 erwartet.



## Veränderung der Sommertemperatur

Im Sommer ist die Temperatur in den letzten Jahrzehnten besonders stark gestiegen. Im Sommer 2003 lag die durchschnittliche Temperatur sogar bereits 3,7°C über dem Mittelwert des Bezugszeitraums (1971 bis 2000). Setzte sich die Erwärmung ungemindert fort, wären solche extremen Sommer in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts Normalität – nicht jedoch bei einer zeitnahen, deutlichen Senkung des Ausstoßes von Treibhausgasen.

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



Bis zu  
**5,7°C**  
wärmer

Bisher waren die Sommer in der Alpenregion durchschnittlich 13,4°C warm. Gelingt der Klimaschutz nicht rechtzeitig, wird gegen Ende des Jahrhunderts im Mittel eine Erhöhung um 4,2°C erwartet (maximal 5,7°C). Wird jedoch sofort und konsequent gehandelt, so lässt sich der Temperaturanstieg noch auf etwa 1,2°C (maximal 2,2°C) begrenzen.

### Sommertage auf dem Zugspitzgipfel?

Alle angegebenen Klimazahlen sind Durchschnittswerte für die gesamte Klimaregion. Sie treffen nicht unbedingt auf einzelne Gebiete innerhalb der Region zu. Viele Werte hängen stark von der Höhenlage ab; auf dem Zugspitzgipfel gab es noch keinen Sommertag. Anders als im Schnitt für die Region nehmen die Sommertage dort auch nicht zu. Der Mittelwert der Temperatur je Gebiet wird ebenfalls von der Höhenlage bestimmt. Dagegen ist die Veränderung der Temperatur weniger von der Höhenlage abhängig. Deshalb fällt der erwartete Temperaturanstieg – also die Differenz zu den Werten im Bezugszeitraum – in den einzelnen Gebieten sehr ähnlich aus.

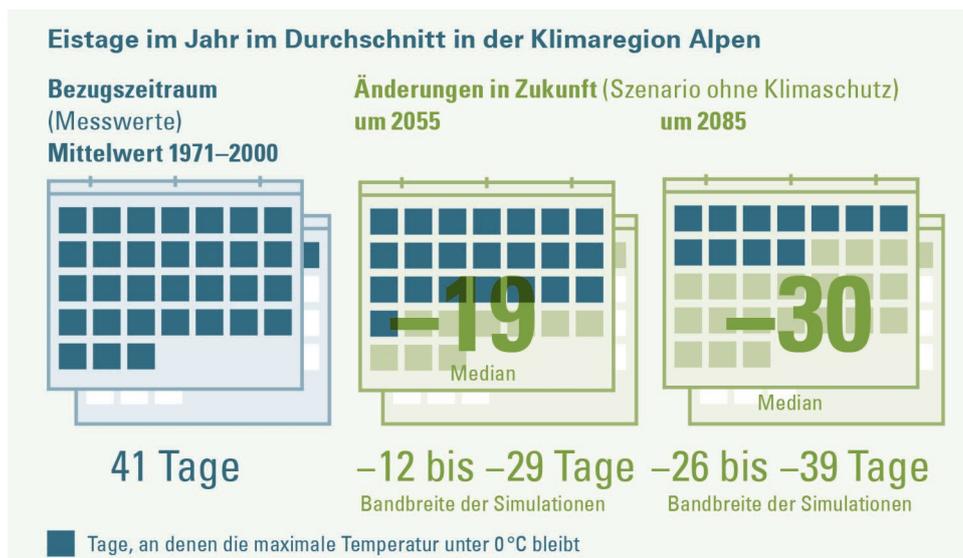
Weiter  
gedacht

Die Almwirtschaft trägt zur Biodiversität und zum Landschaftsschutz bei. Um sie zu erhalten, muss sie jedoch an den Klimawandel angepasst werden. So sollten die Weidetiere wegen des früheren Vegetationsbeginns auch eher auf die Almen getrieben werden. Da alte Triebe meist verschmäht werden, drohen sonst die Weideflächen zu verunkrauten.

## Mildere Winter

Verregnete Landschaften statt verschneiter Wälder: Selbst in den Alpen werden die Winter weniger frostig. In tieferen Lagen wird Wintersport nicht mehr wie bisher möglich sein. Die kürzere Schneesaison wirkt sich zudem auf den Wasserhaushalt aus.

Schon Mitte des Jahrhunderts könnte es ohne Klimaschutz in den Alpen 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.



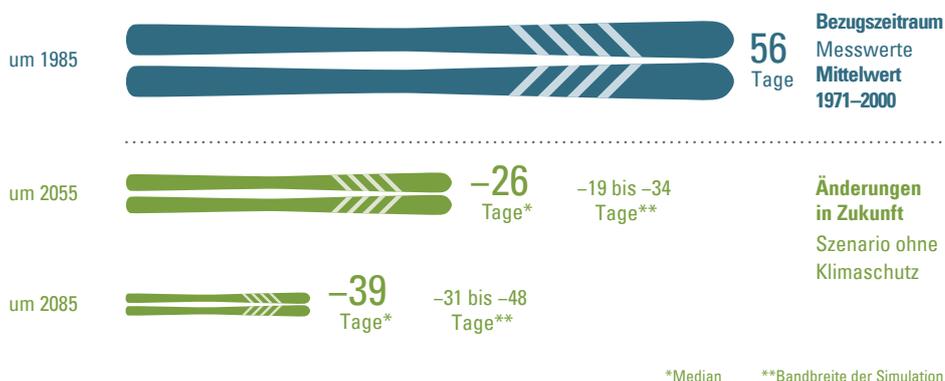
## Winter auf Sparflamme

Die frostige Zeit wird in Zukunft in den Alpen deutlich zurückgehen. Selbst im Szenario mit Klimaschutz verringert sich sowohl die Zahl der Eistage als auch die Dauer der längsten Frostperiode erwartungsgemäß bis Mitte des Jahrhunderts um zwölf Tage, jedoch bis Ende des Jahrhunderts kaum noch weiter. Dadurch fällt weniger und über kürzere Zeit Schnee. Das hat auch Konsequenzen für den Wasserhaushalt, denn die bislang oft mächtige Schneedecke ist ein wichtiger Wasserspeicher. Fällt zunehmend mehr Regen als Schnee, könnte das im Süden Bayerns zu Hochwasser im Winter und durch das Ausbleiben der Schneeschmelze zu Niedrigwasser im Frühsommer führen.

## Längste Frostperiode im Durchschnitt in der Klimaregion Alpen

Aufeinanderfolgende Tage mit Temperaturminimum unter 0°C

Die Winter in den Alpen werden kürzer und weniger frostig, die Schneegrenze verschiebt sich nach oben. Wintersport wird künftig in niedrigeren Lagen immer weniger möglich sein, selbst mit Kunstschnee. Ohne effektiven Klimaschutz wird sich diese Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten weiter verschärfen.

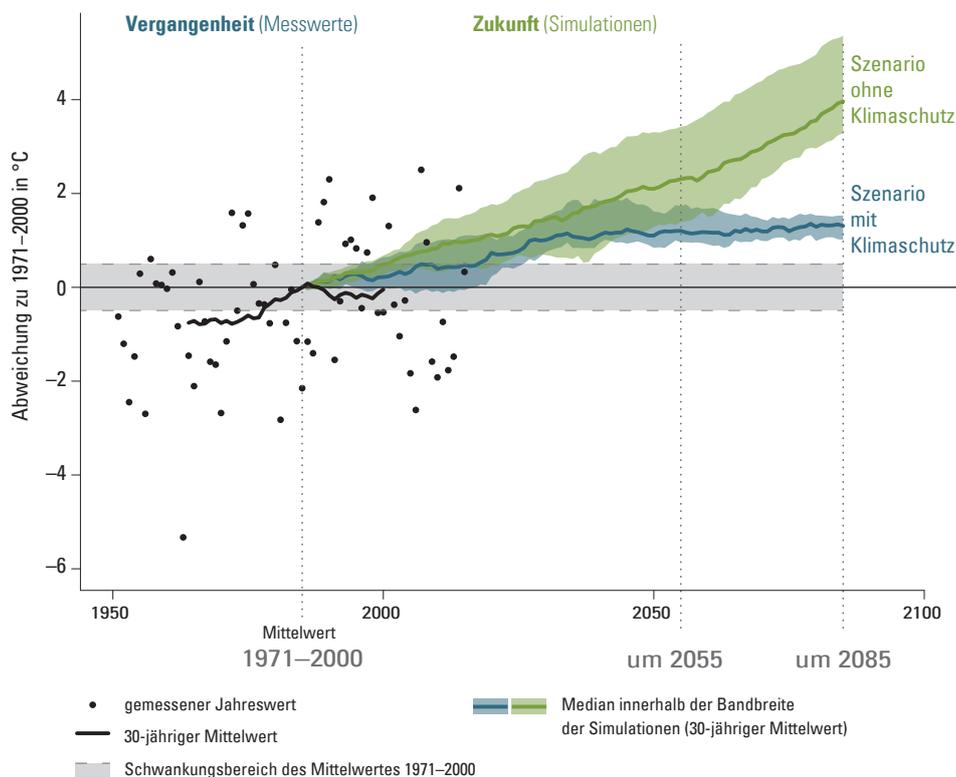




## Veränderung der Wintertemperatur

Von 1951 bis 2015 gibt es keinen klaren Trend für eine Zunahme der Wintertemperatur (Dezember bis Februar) in den Alpen. Es traten immer wieder auch kalte Winter auf. Gleichzeitig gab es die wärmsten Winter seit 1881, am wärmsten war es 2006/2007. Möglich ist, dass die Erwärmung in Zukunft deutlich stärker ausfällt – vor allem bei einem ungebremsten Ausstoß von Treibhausgasen. Selbst mit Klimaschutz wird bis Mitte des Jahrhunderts ein Anstieg der durchschnittlichen Wintertemperaturen im bayerischen Alpenraum um mehr als 1 °C erwartet.

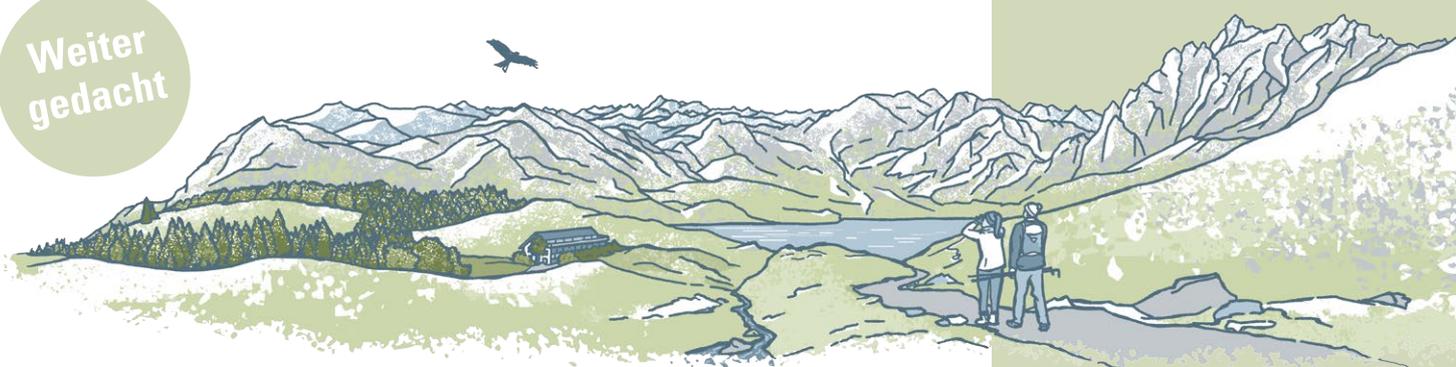
### Mittlere Wintertemperatur (Dezember–Februar) im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 in der Klimaregion Alpen



Bis zu  
**5,4 °C**  
wärmer

Im Bezugszeitraum (1971 bis 2000) betrug die durchschnittliche Wintertemperatur im bayerischen Alpenraum  $-2,0^{\circ}\text{C}$ . Im Szenario ohne Klimaschutz wird ein Anstieg um  $4,0^{\circ}\text{C}$  erwartet (maximal  $5,4^{\circ}\text{C}$ ), mit Klimaschutz nur um  $1,3^{\circ}\text{C}$  (maximal  $1,5^{\circ}\text{C}$ ).

Weiter  
gedacht



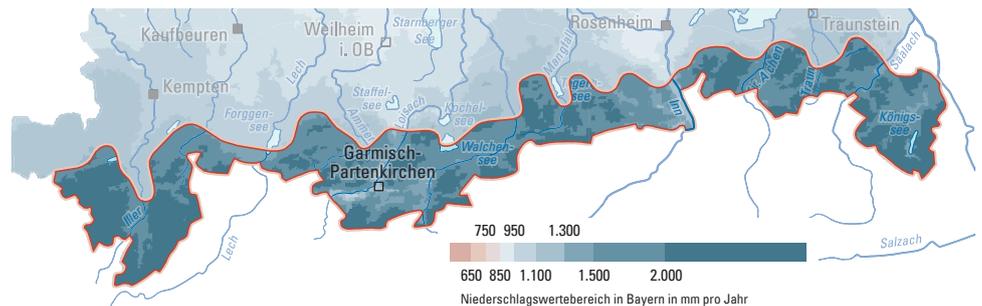
*Skurlaub in den niedrigeren Lagen der Alpen ist möglicherweise bald Schnee von gestern. Eine verlockende und nachhaltige Alternative sind Winterwanderungen durch unverbaute Landschaften – ohne Lifte, Schneekanonen, Geröllpisten und Autokolonnen. Entspannungsmomente mit Wellness und gutem Essen runden das Urlaubsprogramm in den Bergen ab.*

# 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 in der Alpenregion im Mittel aber im Sommer geringer ausfallen.

## Verteilung des Jahresniederschlags in der Klimaregion Alpen Bezugszeitraum (Messwerte) Mittelwert 1971–2000

In den Alpen fällt im Vergleich zum restlichen Bayern besonders viel Niederschlag. Der mittlere Jahresniederschlag der Region lag bisher bei 1.966 mm, im bayernweiten Durchschnitt waren es 941 mm. Der Alpenraum ist daher ein wichtiger Trinkwasserlieferant, selbst für weiter entfernte liegende Regionen.

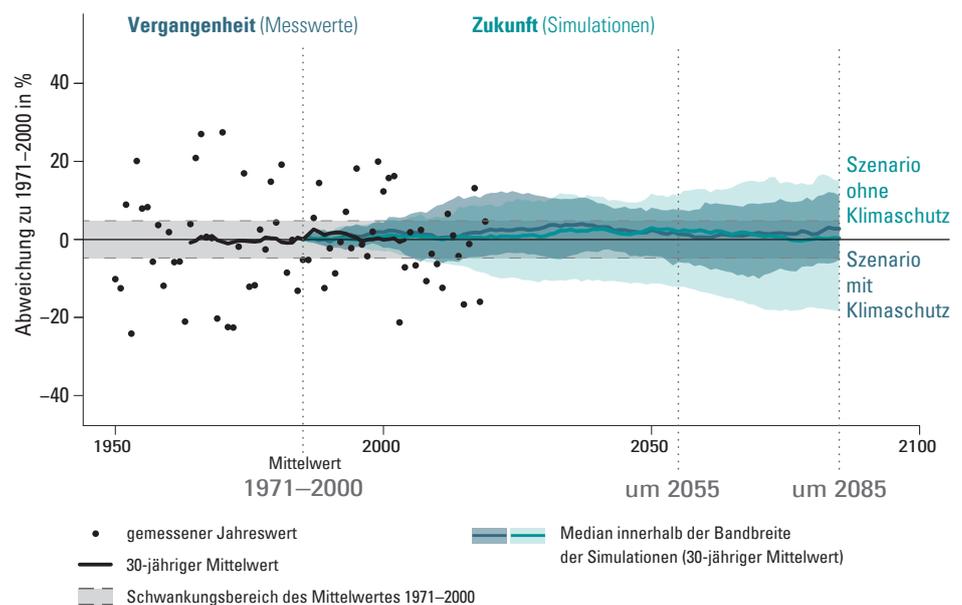


## Jahresniederschlag: kein klarer Trend

Der jährliche Niederschlag in der Alpenregion hat sich seit 1951 weder eindeutig verringert noch erhöht. Für die weitere Entwicklung des Niederschlags kommen die verschiedenen Klimasimulationen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Insgesamt gehen sie zwar nicht von einer starken Veränderung der Niederschlagsmenge aus, bei einem ungebremsen Ausstoß von Treibhausgasen ist die Bandbreite möglicher Entwicklungen jedoch größer.

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

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



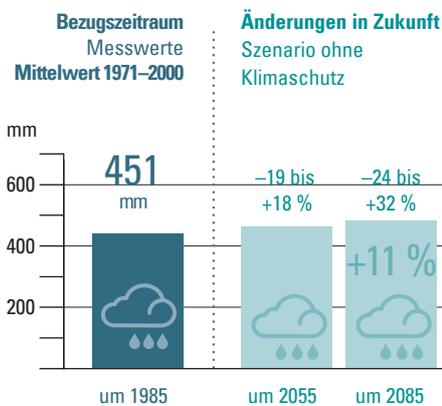


## Umverteilung des Niederschlags zwischen den Jahreszeiten

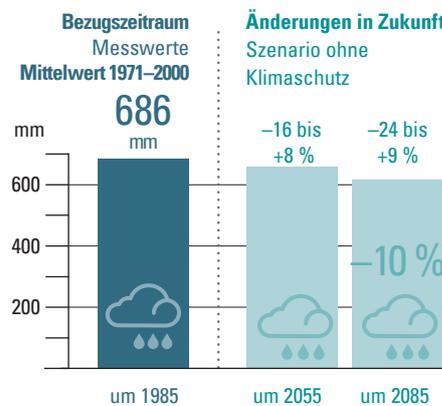
Nicht nur die Gesamtmenge des Jahresniederschlags ist von Bedeutung, sondern auch, wann er fällt. In den Alpen gibt es bisher keinen belastbaren Trend für eine Veränderung der Niederschlagsmenge je nach Jahreszeit. Für die zweite Hälfte des Jahrhunderts kommt die überwiegende Mehrheit der Klimasimulationen allerdings zu dem Ergebnis, dass der Niederschlag ohne wirksamen Klimaschutz im Sommer abnehmen wird. Für das Frühjahr wird zwar im Mittel eine Zunahme erwartet, allerdings sind sich die verschiedenen Simulationen dabei weniger einig. Für Herbst und Winter kommen die verschiedenen Simulationen zu gänzlich unterschiedlichen Ergebnissen. Im Szenario mit Klimaschutz wird im Mittel keine jahreszeitliche Umverteilung erwartet.

### Jahreszeitlicher Niederschlag im Durchschnitt in der Klimaregion Alpen

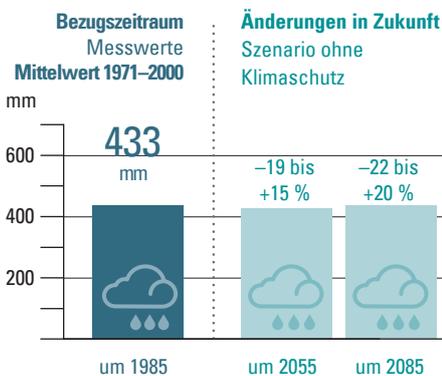
#### Frühling



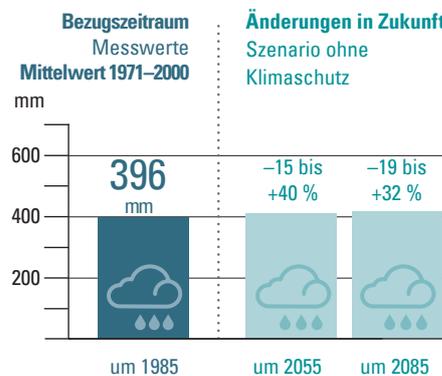
#### Sommer



#### 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.

# Trockenere Sommer, feuchtere Frühjahre

Im Mittel wird gegen Ende des Jahrhunderts ohne Klimaschutzmaßnahmen eine Abnahme der Niederschlagsmenge im Sommer und eine Zunahme im Frühjahr erwartet.

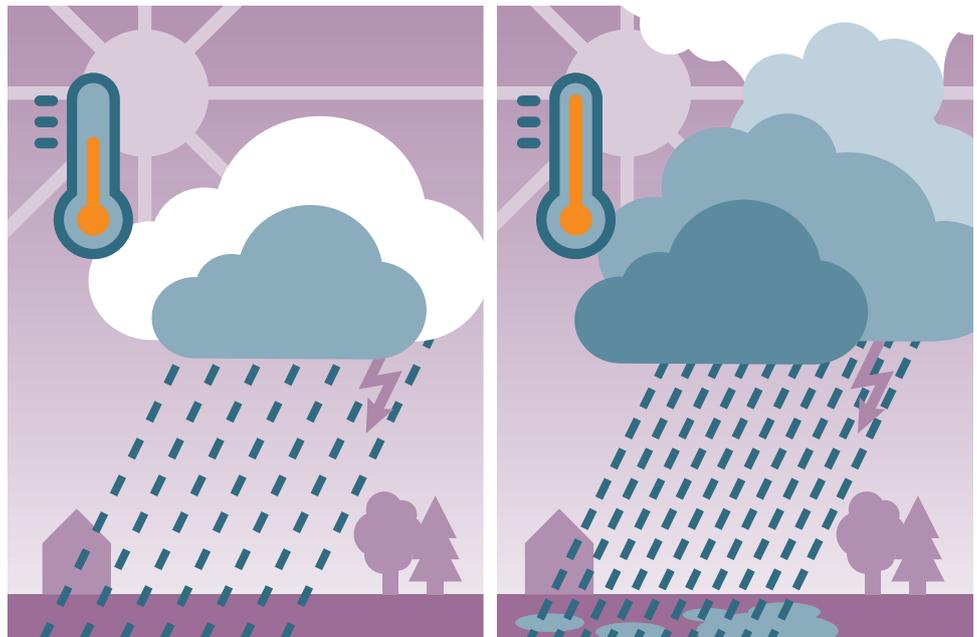
## Heftige Regenfälle

Starkniederschläge treten in den Alpen in größerem Umfang auf als in anderen Regionen Bayerns – in Zukunft möglicherweise noch häufiger und intensiver als bisher. Dadurch nimmt auch das Risiko von Sturzfluten und Erdrutschen weiter zu.

Große Niederschlagsmengen in kurzer Zeit können in den Alpen ganze Hänge ins Rutschen bringen. Die vielen Hanglagen der regenreichen Region bergen ein hohes Risiko von Schlammlawinen und Sturzfluten. Solche Ereignisse könnten künftig noch häufiger auftreten, wenn die globale Erwärmung ungebremst voranschreitet. Denn je wärmer die Luft, desto mehr Wasserdampf kann sie aufnehmen und umso heftigere Niederschläge fallen. Vor allem in der warmen Jahreszeit treten sie als intensivere, kurze und örtlich begrenzte Schauer auf. In den kühleren Monaten fallen häufig weniger intensive, dafür lang anhaltende und großflächige Niederschläge.

### 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.

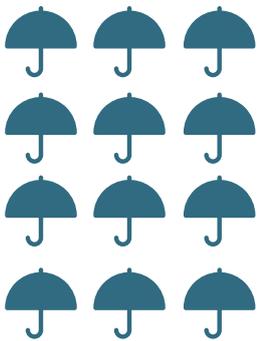


## Entwicklung der Starkregentage

Bisher haben die Starkregentage in den Alpen noch nicht zugenommen. Ohne Klimaschutz wird dies allerdings gegen Ende des Jahrhunderts erwartet. Laut den Modellrechnungen erhöht sich dabei aber nicht die durchschnittliche Niederschlagsmenge pro Jahr. Die gleiche Niederschlagsmenge fällt also an weniger Tagen. Im Szenario mit Klimaschutz wird keine Zunahme der Starkregentage erwartet.

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

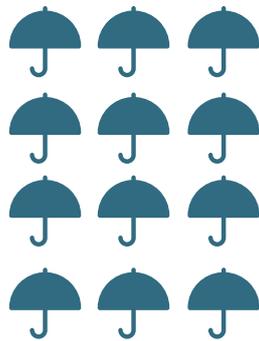
Bezugszeitraum (Messwerte)  
Mittelwert 1971–2000



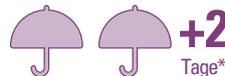
12  
Tage

  Tage mit mindestens  
30 mm Niederschlag

Änderungen in Zukunft (Szenario ohne Klimaschutz)  
um 2055



bis zu +3 Tage\*\*



+2  
Tage\*

-1 bis +4 Tage\*\*

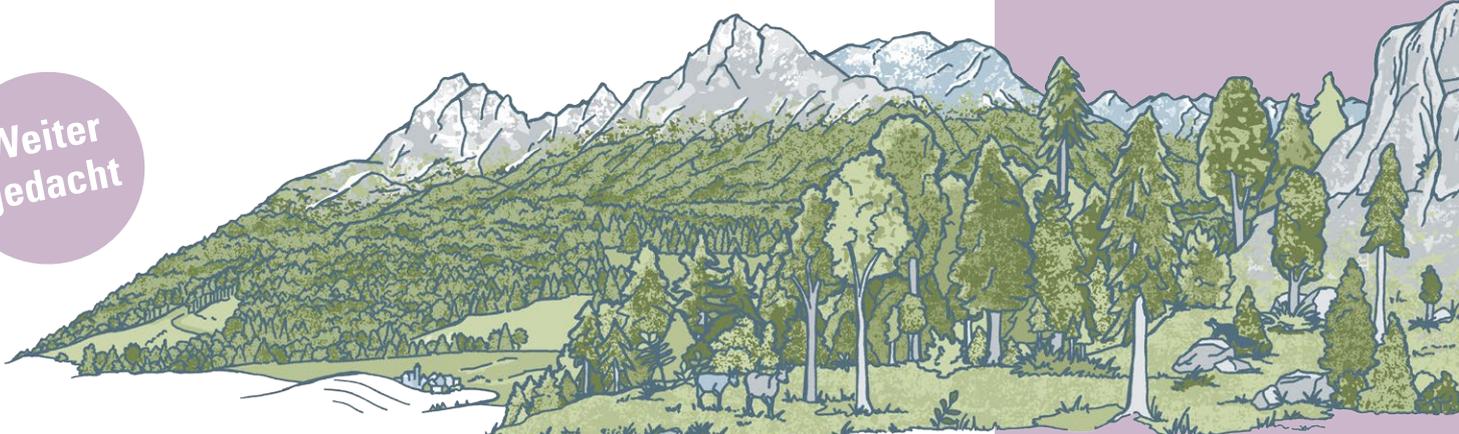
\*Median \*\*Bandbreite der Simulation

## Mehr Starkregentage

Im Gebirge treten Starkregentage generell häufiger auf. Ohne Klimaschutz wird in den Alpen eine Zunahme gegen Ende des Jahrhunderts erwartet. Darin stimmt die Mehrheit der Klimasimulationen überein.

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

Weiter  
gedacht



Ein intakter Mischwald ist ein natürlicher und äußerst wirksamer Schutzwall gegen Erdbeben, Erdrutsche, Stein- und Sturzfluten. Tief im Boden verwurzelte Stämme und ein dichtes Unterholz aus Sträuchern und jungen Bäumen halten herabrollende Steine auf. Ein lockerer, gut durchwurzelter Waldboden kann wie ein Schwamm große Mengen Wasser aufsaugen – gerade auch bei heftigen Regenfällen.

## Trockene Sommer

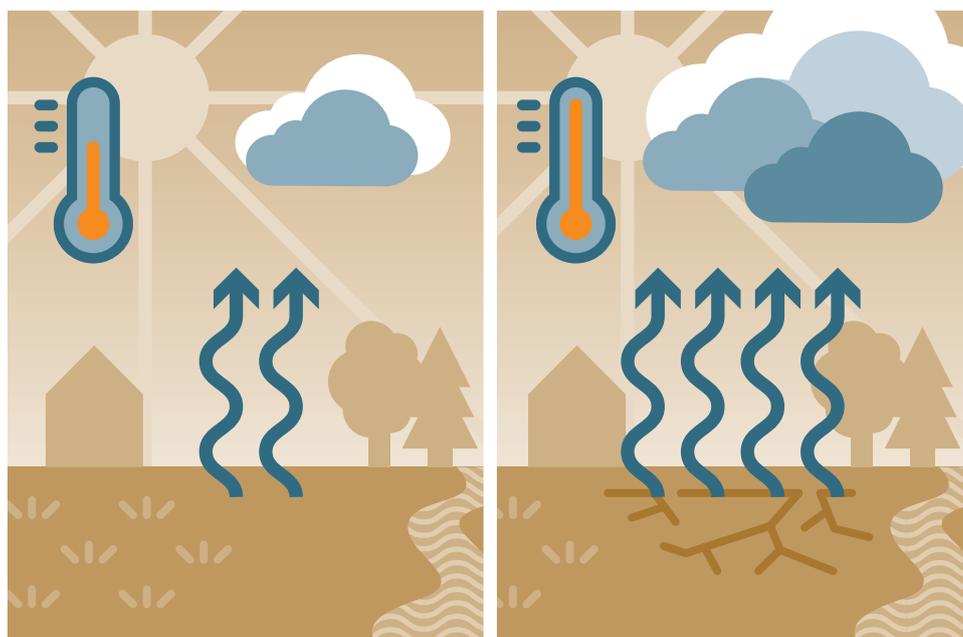
Ohne Klimaschutz wird es in den Alpen künftig trockener. Eine stärkere Verdunstung, die schrumpfende Schneedecke im Winter und möglicherweise abnehmende Niederschläge können den Wasserhaushalt der alpinen Region und ganz Südbayerns deutlich verändern.

Der Klimawandel verändert den Wasserhaushalt der alpinen Region. Die Eis- und Schneedecken, die in den warmen Monaten die Vegetation, die Almwirtschaft und die alpinen Hütten mit Schmelzwasser versorgen, gehen durch die steigenden Temperaturen zurück. Das Wasserdefizit wirkt sich auf den ganzen Süden Bayerns aus, der über die Flüsse mit Wasser aus den Alpen versorgt wird. Nimmt zugleich der Sommerniederschlag ab, wird die Lage zusätzlich verschärft.

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 für die Zeit von Juli bis September erwartet.

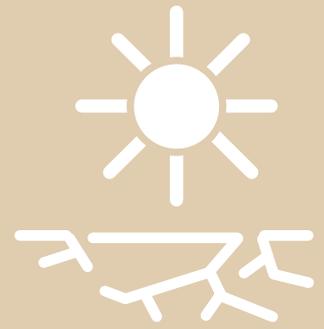
### Höhere Temperaturen verstärken Verdunstung

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.



### Temperaturanstieg, Regenmangel, heftige Niederschläge: keine gute Kombination

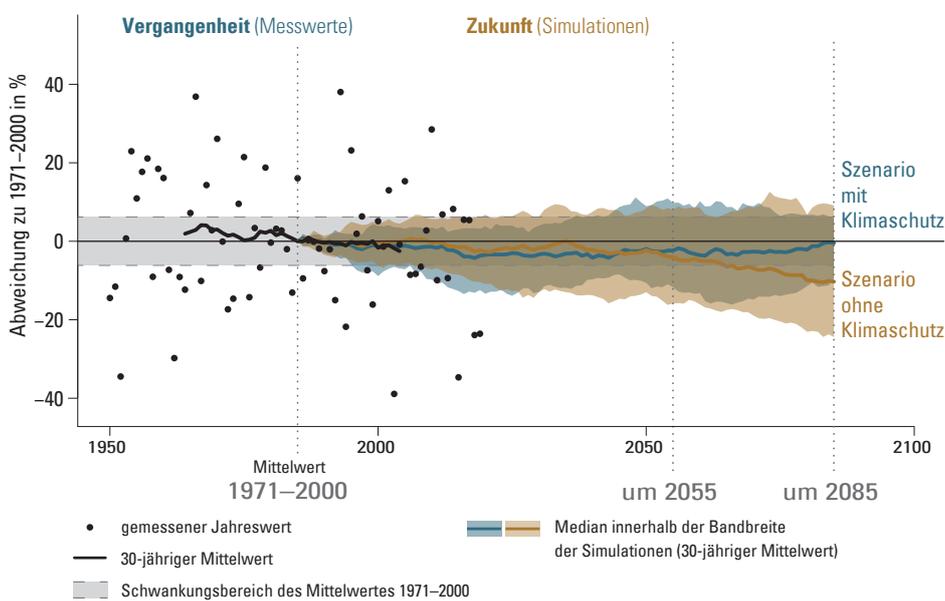
Die zunehmende Verdunstung bei steigenden Temperaturen führt dazu, dass es selbst bei gleichbleibenden Niederschlägen trockener wird. Nimmt die Niederschlagsmenge zusätzlich ab, verstärkt sich dieser Effekt. Fällt zudem der gesamte Sommerregen innerhalb von wenigen Ereignissen anstatt gleichmäßig verteilt, fließt ein Großteil des Wassers ab. Es kann nicht versickern, da der Boden die Wassermenge nicht so schnell aufnimmt.



## Veränderung des Sommerniederschlags

In den vergangenen Jahren gab es bereits einige trockene Sommer in den Alpen. Im Rekordsummer 2003 fiel 40 % weniger Niederschlag als im Mittel zwischen 1971 und 2000. Bisher wechselten sich trockene und nasse Sommer ab. Die Mehrheit der Klimasimulationen sagt aber aus, dass der Sommerniederschlag bei einer unverminderten Erderwärmung bis Ende des Jahrhunderts abnimmt. Mit einer raschen Reduzierung der weltweiten Treibhausgasemissionen (Szenario mit Klimaschutz) lässt sich diese Entwicklung sehr wahrscheinlich aufhalten.

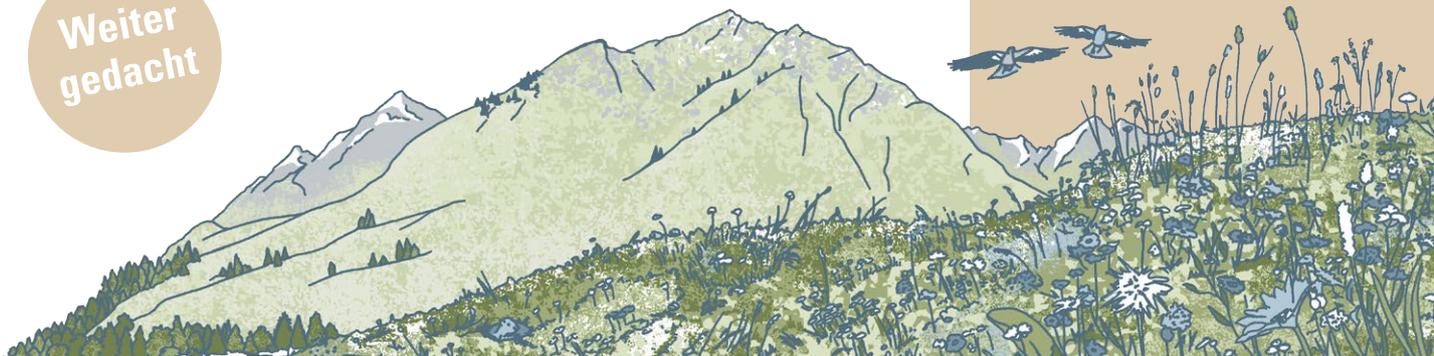
### Sommerniederschlag (Juni–August) in % im Vergleich zum Bezugszeitraum 1971–2000 im Durchschnitt in der Klimaregion Alpen



Bis zu  
**–24 %**

In den Sommermonaten fielen in der Alpenregion im Schnitt bisher 686 mm Niederschlag. Ohne Klimaschutz wird um 2085 10% weniger Sommerregen erwartet (maximal 24% weniger). Mit Klimaschutz wird hingegen keine Abnahme erwartet.

Weiter  
gedacht



Bunt blühende Almwiesen sind nicht nur eine Augenweide. Nachhaltig bewirtschaftet, haben sie in extremen Hitzejahren auch einen positiven Effekt auf den Wasserhaushalt. Es verdunstet deutlich weniger Wasser als bei einer dichten Vegetation mit Bäumen und Sträuchern, wie sie etwa auf nicht mehr genutzten Weideflächen zu finden ist. Dort verdunstet bei Hitze besonders viel Wasser und fehlt dann bergab in den Flüssen.

# Methoden und Szenarien der Klimamodellierung

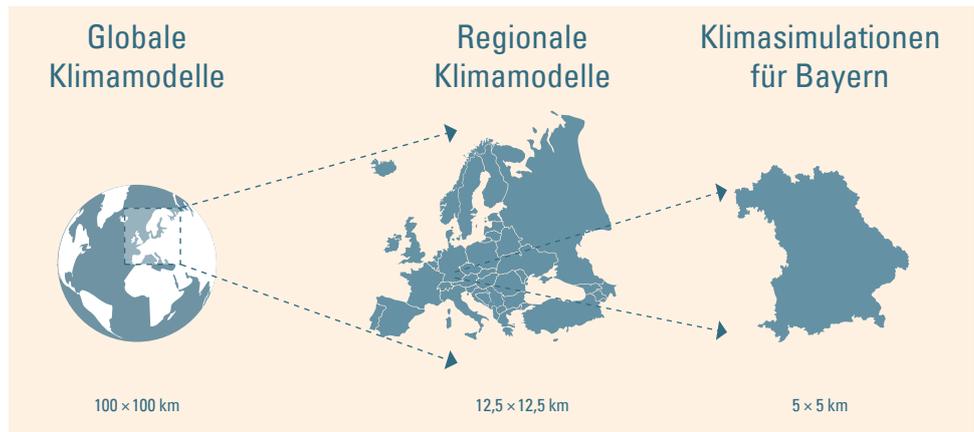
Wie sich das Klima entwickelt, hängt davon ab, ob der weltweite Ausstoß von Treibhausgasen in den nächsten Jahren deutlich reduziert wird oder nicht. Klimamodelle rechnen daher mit unterschiedlichen Emissionsszenarien.

## 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.

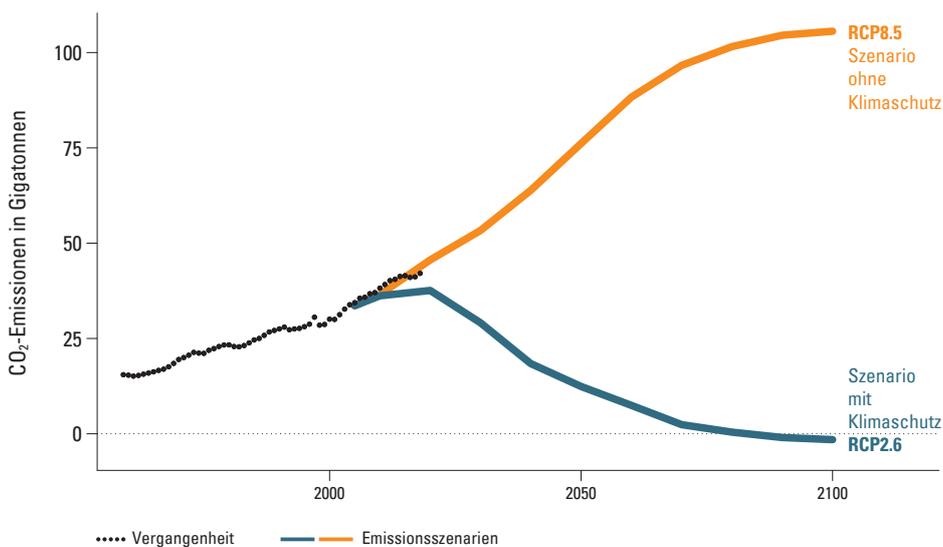
## Datengrundlage

Die Messwerte beruhen auf Daten des Deutschen Wetterdienstes und auf dem europäischen Beobachtungsdatensatz E-OBS. Temperaturbasierte Klimazahlen können für die Alpen aufgrund der Datenlage nur bis 2015 ausgewertet werden. 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

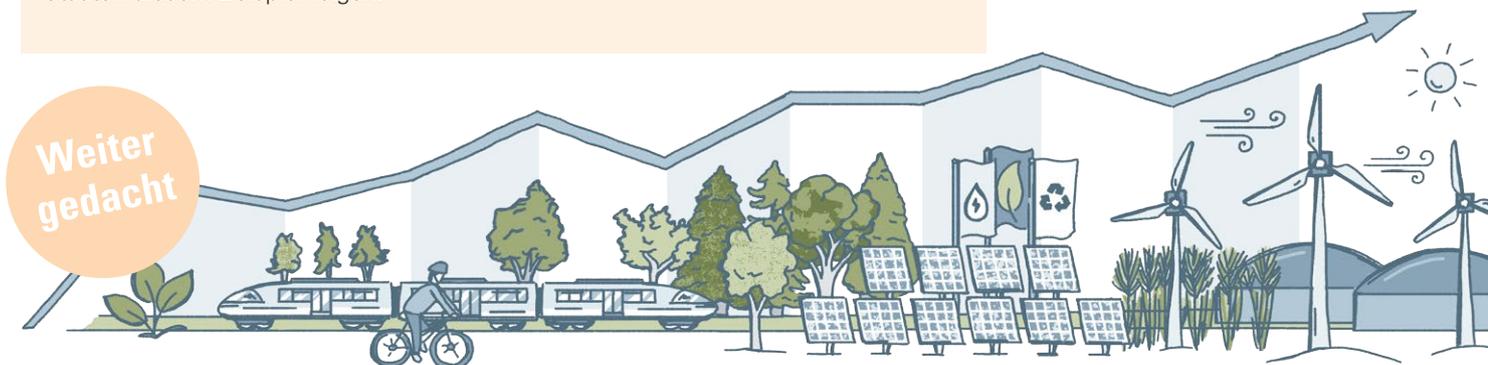


Während beim Szenario RCP2.6 eine globale Zwei-Grad-Obergrenze durch Klimaschutz eingehalten werden kann, entspricht das Szenario RCP8.5 einem ungebremsten Treibhausgasausstoß. Bislang folgte der globale CO<sub>2</sub>-Ausstoß in etwa dem Szenario RCP8.5. Eine konsequente Klimapolitik kann das aber ändern.

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/klimafaktenblaetter/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/klimafaktenblaetter/index.htm).

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



#### Unsere weiteren Broschüren

- Bayern
- 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](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:

©porojnicu – stock.adobe.com: Titel I.  
(Steinbock)  
©Wolfilser – stock.adobe.com: Titel r.  
(Edelweiß)  
©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.8 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

### Druck:

LOUIS HOFMANN  
Druck- und Verlagshaus GmbH & Co. KG  
Domänenweg 9  
96242 Sonnefeld

Gedruckt auf 100 %-Recyclingpapier

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

