

POSITIONSPAPIER

KLIMA

ÜBERHITZUNG

Folgen und Anpassung



KLIMAÜBERHITZUNG

Folgen und Anpassung

INHALT

1. VORWORT	4
2. EXKURS: WELTWEITE AUSWIRKUNGEN DER KLIMAÜBERHITZUNG	5
3. AUSWIRKUNGEN DER KLIMAÜBERHITZUNG IN BAYERN	5
3.1 Stand und Projektionen der Temperaturentwicklung	6
Temperaturentwicklung bis heute	6
Temperaturentwicklung der Zukunft	8
Besondere Situation in den Alpen	10
3.2 Stand und Projektionen der Niederschlagsentwicklung	11
Niederschlagsentwicklung bis heute	11
Niederschlagsentwicklung der Zukunft	13
Trockenheit und Dürre	13
4. KLIMAFOLGEN IN BAYERN	14
4.1 Folgen für die Wasserwirtschaft	15
Niedrigwasserabflüsse und Hochwasserereignisse	15
Grundwasser und Trinkwasserversorgung	15
Folgen für die Gewässerqualität	18
4.2 Folgen für die Landwirtschaft	18
Veränderungen der Vegetationsperioden	18
Schäden an Kulturen durch Extremwetterereignisse	19
Auswirkungen von Trockenheit und Hitze	20
Auswirkungen von Unwettern, Hagel und Sturm	21
Auswirkungen auf den Boden	22
Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall	23
4.3 Folgen für Forstwirtschaft	23
Klimabedingtes Waldsterben	23
Waldbrände und Stürme	24
Natürliche Verbreitungsgebiete verschieben sich	26
Steigendes Anbaurisiko für bestimmte Baumarten	26
Waldschädlinge und Krankheitserreger, die von der Klimaüberhitzung begünstigt werden	27

4.4 Folgen für Naturschutz und Biodiversität	29
Moore, sensible Arten und Ökosysteme	29
Gravierende Auswirkungen auf die Alpen	30
Veränderungen in der Artenvielfalt und Zusammensetzung	30
Biodiversität in Gewässern	32
4.5 Folgen für die menschliche Gesundheit	33
Gesundheitliche Gefahren durch Hitze	33
Gesundheitliche Gefahren durch Krankheitserreger	35
4.6 Klimafolgen in Städten und Ballungszentren	36
Hitze in Städten	36
Starkregen in Städten	38
4.7 Freizeitnutzung und Tourismus	39
Badegewässer	40
Tourismus in den Alpen	40
5. ANPASSUNG AN DIE KLIMAÜBERHITZUNG – UNSERE MASSNAHMEN	40
5.1 Wasserwirtschaft	40
Ziele	40
Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	41
5.2 Landwirtschaft	41
Ziele	41
Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	42
5.3 Forstwirtschaft	43
Ziele	43
Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	43
5.4 Naturschutz und Biodiversität	44
Ziele	44
Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	44
5.5 Schutz der menschlichen Gesundheit	45
Ziele	45
Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	45
5.6 Siedlungsgebiete	46
Ziele	46
Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	46
5.7 Freizeitnutzung und Tourismus	47
Ziele	47
Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	48
QUELLEN	49

1. VORWORT

Jahr für Jahr bekommen wir die extremen Auswirkungen der Klimaüberhitzung zu spüren. Hitze- wellen, Dürren, Waldbrände, Starkregen und Sturzfluten, Gletscherschmelzen und steigende Meeresspiegel sind nur einige davon. All das führt zu Artensterben und zu einem gewaltigen Verlust an landwirtschaftlich nutzbaren wie auch besiedelbaren Flächen. Die Klimaüberhitzung ist die größte Herausforderung für die Menschheit. Mit besonderer Härte treffen die Naturkatastrophen gerade die ärmsten Menschen der Welt, so im Südpazifik, in der Sahelzone oder in Bangladesch. Aber auch die reichsten Staaten der Welt wie die USA, Kanada oder Australien können sich vor den ungebremsten Naturgewalten oft nicht schützen.

Die Klimaüberhitzung ist eine wesentliche Ursache von Krisen und Flucht weltweit. So schreitet die Wüstenbildung ungebremst voran und riesige Flächen gehen jährlich für die heutige zumeist intensive Landwirtschaft verloren, wie zum Beispiel in der Sahelzone. Gleichzeitig sind viele Orte bis hin zu Millionenstädten vom steigenden Meeresspiegel bedroht.

Wir Menschen sind Meister im Verdrängen – aber die Realität holt uns ein: Wir stecken mitten im Klimawandel und wir haben nur diesen einen Planeten, unsere Erde.

Doch es gibt Entwicklungen, die Mut machen und Lösungen aufzeigen. Die Erneuerbaren Energien haben eine sagenhafte Entwicklung vorzuweisen. Mit den Beschlüssen der Weltklimakonferenz in Paris 2015 und den darauffolgenden Konferenzen hat die Weltgemeinschaft auch gezeigt, dass sie die Problemlage immerhin erkannt hat. Das macht Hoffnung.

Im vorliegenden Papier beschreiben wir die Veränderungen unserer klimatischen Bedingungen in der Vergangenheit bis heute und versuchen zugleich, die Zukunft in den Blick zu nehmen. Anschließend widmen wir uns den Auswirkungen auf wichtige Bereiche unseres Lebens. Grundlage sind Studien und Analysen von Wissenschaftler*innen für die nächsten Jahrzehnte. Im letzten Kapitel geben wir einen Überblick über notwendige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Bayern hat sich in seinem Klimaschutzgesetz das Ziel gesteckt, bis 2040 klimaneutral zu werden. Bei energiebedingten Treibhausgasemissionen von etwa 79 Millionen Tonnen (letzter Stand 2019) ist es bis dahin noch ein weiter Weg. Eine in vielerlei Hinsichten hochwirksame Maßnahme ist die Renaturierung von Mooren. Sie verläuft im Freistaat jedoch im Schneckentempo. Ein Armutszeugnis für ein reiches Bundesland, welches einerseits bereits deutlich von den Klimafolgen betroffen ist und andererseits für enorme Mengen an CO₂-Emissionen jährlich verantwortlich zeichnet.

Als Grüne Landtagsfraktion wollen wir mit der Vorlage dieses Papiers zu einer umfassenden und sachgerechten Diskussion beitragen und notwendige Schritte aufzeigen. Wir wollen einen Beitrag leisten, dass die bedrohliche Lage besser erkannt und intensiver diskutiert wird. Wir fordern die Handelnden in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft auf, Verantwortung zu übernehmen und die notwendigen Maßnahmen für wirksamen Klimaschutz und Klimaanpassung zu ergreifen.

Patrick Friedl MdL mit Maria Kammüller, Christian Bauer und Dr. Klaus Kuhn

2. EXKURS: WELTWEITE AUSWIRKUNGEN DER KLIMAÜBERHITZUNG

Die Klimaüberhitzung und ihre Folgen sind längst mit Wucht in Europa angekommen. So mussten im Sommer 2022 Teile Italiens die schlimmste Dürre seit 70 Jahren erleiden.¹ Starke Hitze um die 40°C und fehlender Regen ließen die Felder austrocknen.² Gerade die landwirtschaftlich enorm wichtige Po-Ebene im Norden des Landes war massiv betroffen. Viele Flüsse und Seen führten Niedrigwasser, darunter der Gardasee, der Lago Maggiore, der Po und der Tiber.³ In fünf Regionen Norditaliens wurde der Notstand ausgerufen.⁴ Städte wie Verona oder Pisa sahen sich gezwungen, Trinkwasser zu rationieren. So war es verboten, das wertvolle Wasser zur Bewässerung von Gärten, zum Autowaschen oder für Swimmingpools zu verwenden.⁵ Obendrein führte die Dürre zu mehr Waldbränden, die die Einsatzkräfte in Atem hielten.⁶ Leider handelt es sich bei alledem um keinen Einzelfall. Immer wieder ist das Land heftig von Trockenheit und Dürre geplagt. Schon im Februar 2023 wurde in Norditalien erneut besorgniserregender Wassermangel registriert.⁷ Fällt dann doch Regen, so können die ausgetrockneten Böden das Wasser nicht aufnehmen. Dies kann schnell zu Überschwemmungen und Sturzfluten führen, wie etwa in der Region um Bologna im Mai 2023.⁸

Auch Spanien leidet unter extremen Klimabedingungen. In Teilen des Landes gab es seit 32 Monaten (Stand April 2023) so gut wie keinen Regen.⁹ Flüsse, Stauseen und ganze Landschaften sind ausgetrocknet. Zuerst trifft es auch hier die Landwirtschaft: Mehr als 3,5 Millionen Hektar Anbauflächen sollen unbrauchbar geworden sein.¹⁰ Es kommt zu gravierenden Ernteaufschlägen, etwa bei Getreide, Reis und Oliven, aber auch bei Obst und Gemüse.¹¹ Ähnlich wie in Italien muss das Wasser mancherorts bereits rationiert werden. Gleichzeitig verschlingt der Anbau von Erdbeeren pro Kilogramm rund 300 Liter Wasser.¹² Besonders schlimm ist die Situation beispielsweise in der touristischen Region rund um Barcelona. Um eine Trinkwassernot zu vermeiden, wird dort auf das teure Verfahren der Entsalzung von Meerwasser gesetzt.¹³

Fast überall auf der Welt lassen sich weitere Beispiele für die extremen Auswirkungen der Klimaüberhitzung finden: die Überschwemmungen in Pakistan 2022¹⁴ und in der chinesischen Millionenmetropole Zhengzhou 2021¹⁵, die wiederkehrenden Waldbrände in Kalifornien (v. a. 2020)¹⁶ und Kanada (v. a. 2021 und wieder ab Mai 2023)¹⁷, die Buschbrände in Australien 2019/20¹⁸, der Hurrikan Ian in Florida und Kuba 2022¹⁹ sowie der Zyklon Idai in mehreren Ländern des südlichen Afrikas 2019²⁰. All diese Naturkatastrophen waren in ihrem Ausmaß außergewöhnlich, richteten verheerende Schäden an und forderten viele Menschenleben. Einzelne betrachtet können solche Ereignisse nicht zweifelsfrei und nicht ausschließlich dem Klimawandel zugeschrieben werden. Fakt ist aber, dass sie durch die Klimaüberhitzung tendenziell häufiger auftreten und gefährlicher werden.

Besonders hart trifft es oft jene Länder, die aufgrund ihrer geografischen Lage stärker von Naturkatastrophen wie extremer Hitze, starken Stürmen oder Überflutungen bedroht sind. Daher sind sowohl weltweite Anstrengungen für einen konsequenten, vorbeugenden Klimaschutz dringend notwendig, wie auch eine konkrete Unterstützung bei Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen.

3. AUSWIRKUNGEN DER KLIMAÜBERHITZUNG IN BAYERN

Wenn von einer erwarteten Erwärmung um 2 bis 3 Grad Celsius in Deutschland im Zuge der Klimaüberhitzung die Rede ist, mag das zunächst nicht besonders alarmierend klingen. Doch bereits die Erwärmung um wenige Grad kann weitreichende Folgen haben, wenn man bedenkt, dass die aktuelle jährliche Durchschnittstemperatur nur vier bis fünf Grad Celsius über jener der letzten Eiszeit liegt.

Auch in Bayern ist die Klimaüberhitzung längst angekommen. Sie äußert sich nicht nur durch immer höhere Temperaturen, sondern auch durch sich verändernde Niederschläge. Diese werden seltener, dafür aber oft extremer. Manche Auswirkungen der Klimakrise sind bereits heute deutlich beobachtbar und werden sich weiter verschärfen. Andere Auswirkungen werden erst später zutage treten.

Die Zukunft lässt sich nie mit Gewissheit vorhersagen. Dennoch sind anhand wissenschaftlicher Szenarien fundierte Aussagen zu wahrscheinlichen zukünftigen Entwicklungen möglich. Zwei der am häufigsten verwendeten Klimaszenarien heißen RCP8.5 und RCP2.6. Die Abkürzung RCP steht für „Representative Concentration Pathway“ und bezieht sich auf die Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre. RCP8.5 geht davon aus, dass wir weitermachen wie bisher und unsere Treibhausgas-emissionen nicht einschränken. RCP2.6 dagegen geht davon aus, dass wir die Pariser Klimaziele einhalten und es schaffen, die globale Erwärmung auf 2°C zu begrenzen.

Im Allgemeinen wird Klima über dreißigjährige Zeiträume gemessen. Jedoch waren die Klimaveränderungen in den letzten Jahren so gravierend, dass es angebracht ist, diese auch gesondert zu betrachten. Sowohl die vergangenen als auch die voraussichtlich noch folgenden Temperatur- und Niederschlagsentwicklungen in Bayern im Zuge der Klimakrise werden im Folgenden näher beschrieben.

3.1 Stand und Projektionen der Temperaturentwicklung

Temperaturentwicklung bis heute

Bayern ist aufgrund geografischer Gegebenheiten bereits heute stark vom Klimawandel und seinen Folgen betroffen. Die mittlere Temperatur der Jahre 1961 bis 1990 in Bayern betrug 7,5°C. Im Folgezeitraum 1991 bis 2020 lag der Wert bei 8,6°C.²¹ Für das jüngste abgeschlossene Jahrzehnt 2011 bis 2020 ergibt sich gar eine Durchschnittstemperatur von 9,0°C.²² Dies ist eine Erwärmung um erschreckende 1,5°C gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990. Seit 1881 liegen flächendeckende Messungen vor: Neun der zehn wärmsten Jahre in Bayern liegen nach der Jahrtausendwende. Sechs der sieben heißesten Jahre ereigneten sich ab 2014 (s. Abbildung 2).

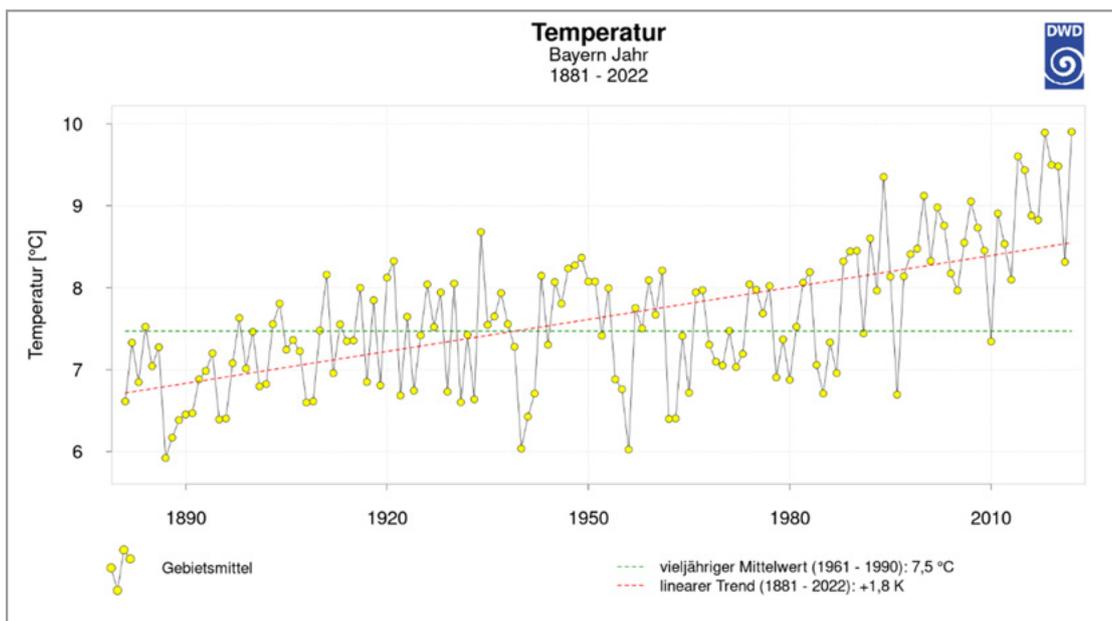


Abbildung 1: historische Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in Bayern, 1881-2022

Erklärung: Die gelben Punkte sind einzelne Jahreswerte. Die rote gestrichelte Linie stellt den Trend im betrachteten Zeitraum dar. Die grüne gestrichelte Linie ist der Mittelwert des Vergleichszeitraums 1961-1990 (7,5°C).

Quelle: DWD: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html?nn=344886#buehneTop>; Stand 13.02.2023.

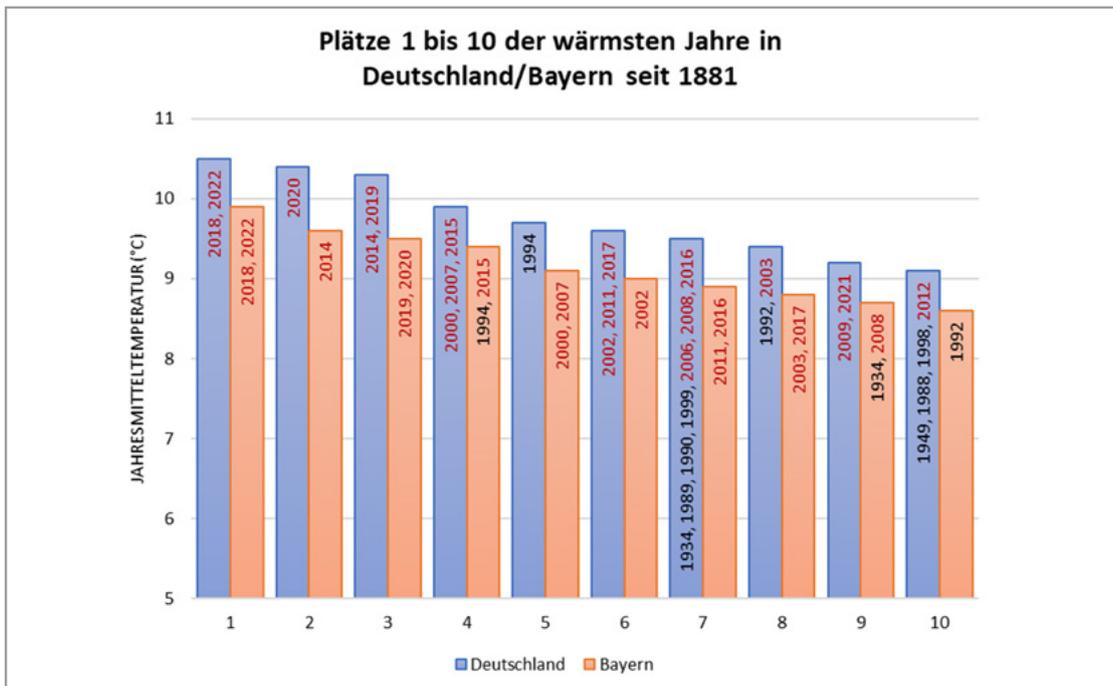


Abbildung 2: Plätze 1 bis 10 der wärmsten Jahre in Deutschland/Bayern seit 1881

Erklärung: Die blauen Säulen stehen für Deutschland, die orangen Säulen für Bayern. Je höher die Säulen, desto höher war im jeweiligen Jahr die durchschnittliche Temperatur. Rote Zahlen markieren Jahre nach der Jahrtausendwende.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: DWD: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html?nn=344886#buehneTop>; Stand 21.02.2023.

Besonders deutlich zeigt sich die Erwärmung bei der grafischen Darstellung der 10-Jahres-Mittelwerte in Bayern (s. Abbildung 3). Die Durchschnittstemperaturen stiegen in den letzten 125 Jahren kontinuierlich an. Seit den 70er-Jahren hat sich der Temperaturanstieg dramatisch beschleunigt.

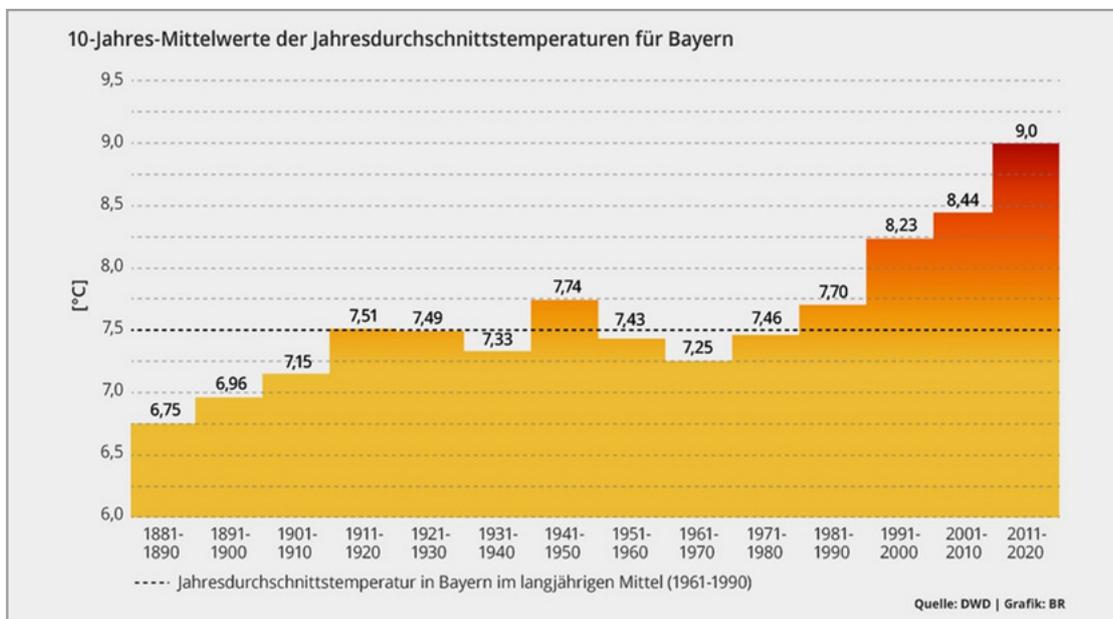


Abbildung 3: 10-Jahres-Mittelwerte der Jahresdurchschnittstemperaturen für Bayern

Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher lagen die durchschnittlichen Jahrestemperaturen im jeweiligen Jahrzehnt. Die gestrichelte Linie ist der Mittelwert des Vergleichszeitraums 1961-1990 (7,5°C).

Quelle: ARD Alpha: <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/klimawandel/bayern-temperaturen-klimawandel-rekorde-100.html>; Stand 21.02.2023.

Der Anstieg ist regional jedoch sehr unterschiedlich ausgeprägt. Als plakatives Beispiel sei das extrem heiße Jahr 2018 im bayerischen Klimawandel-Hotspot Würzburg genannt: Hier lag die durchschnittliche Jahrestemperatur um 2,6°C über dem Mittelwert des Zeitraums 1961-1990.²³ Dies hatte unter anderem ein massives Absterben der Würzburger Stadtbäume zur Folge.

Temperaturentwicklung der Zukunft

Die Projektionen zeigen angesichts der fortschreitenden Klimaerwärmung eine weitere Verstärkung des bisherigen Temperaturtrends. Entsprechend werden sich die beobachtbaren Klimafolgen weiter verschärfen. Falls wir keinen Klimaschutz betreiben, wird die Temperatur in Bayern bis zum Ende dieses Jahrhunderts Projektionen zufolge um 3 bis 4,8 Grad Celsius steigen. Durch wirksame Klimaschutzmaßnahmen kann ein Anstieg nicht verhindert, aber auf 0,7 bis 1,6 Grad Celsius beschränkt werden. Der aktuelle Temperaturanstieg ist nicht nur in den Sommermonaten zu verzeichnen, sondern ganzjährig, das heißt in allen vier Jahreszeiten.²⁴ Das hat massive Auswirkungen auf viele Aspekte des Lebens in Bayern (siehe **4. Klimafolgen in Bayern**). Die Hitze wird sich vor allem in den Ballungsräumen weiter verstärken, da sich versiegelte Flächen besonders stark erwärmen. Die zu erwartenden Wachstumsraten von Siedlungs- und Verkehrsflächen verschärfen dieses Problem.

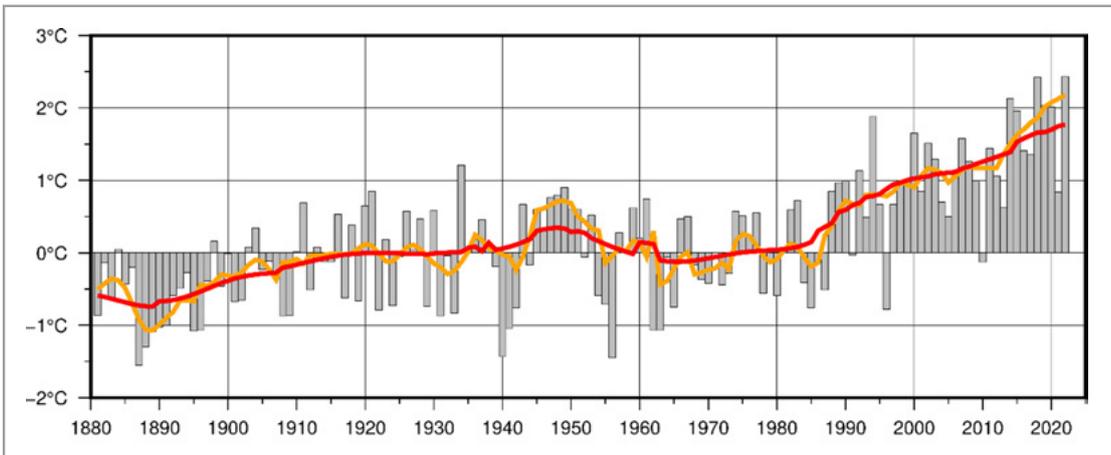


Abbildung 4: Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 1880 bis 2022 in Bayern vom Referenzzeitraum (1961-1990)

Erklärung: Die grauen Balken zeigen die Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen (in Grad Celsius) ab 1880 gegenüber dem Mittelwert des Referenzzeitraums 1961-1990 (Null-Linie). Die rote Linie stellt das 30-jährige Mittel dar, die orange Linie das 10-jährige Mittel. Zu erkennen ist, dass es seit den 1980er Jahren fast jedes Jahr wärmer war als im Referenzzeitraum. Gerade in den letzten ca. 10 Jahren sind diese Anomalien besonders stark (siehe zunehmende Differenz zwischen orangefarbener und roter Linie ab etwa 2014).

Quelle: Projekt „BigData@Geo“, gefördert vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).

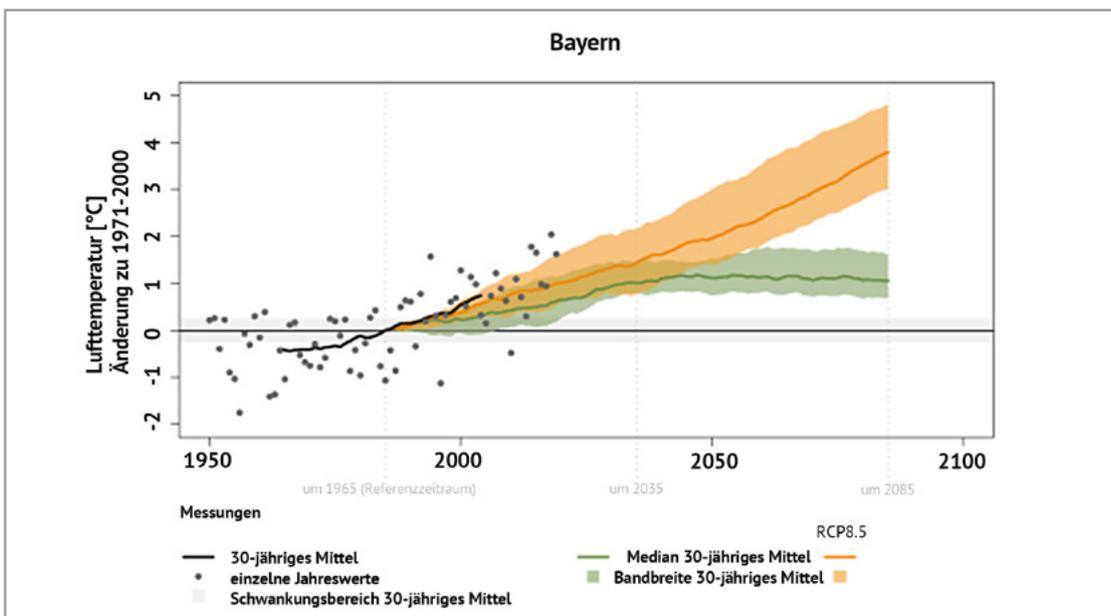


Abbildung 5: Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 1950 bis 2019 in Bayern vom Referenzzeitraum (1971-2000) sowie simulierte zukünftige Entwicklungen

Erklärung: Die schwarzen Punkte zeigen die Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen (in Grad Celsius) ab 1950 gegenüber dem Mittelwert des Referenzzeitraums 1971-2000 (Null-Linie). Die dicke schwarze Linie stellt das 30-jährige Mittel dar. Orange eingezeichnet ist die simulierte zukünftige Entwicklung im Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5), grün im Szenario mit Klimaschutz (RCP2.6).

Quelle: LfU: <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/klimazukunft/lufttemperatur/index.htm>; Stand 26.05.2023.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen mehrere beunruhigende Tatsachen auf. Zunächst blieben die Temperaturen im 30-jährigen Mittel von Beginn des 20. Jahrhunderts bis zur Mitte der 1980er Jahre relativ konstant. Seither findet tendenziell ein starker und nahezu kontinuierlicher Anstieg der Jahresmitteltemperaturen statt (s. Abbildung 4: rote Linie). Die vom LfU (Landesamt für Umwelt) zugrunde gelegten Projektionen der zukünftigen Temperaturentwicklung unterschätzen anscheinend die Dramatik der Lage. Der beobachtete Trend der Temperaturentwicklung kratzt nämlich schon heute am oberen Rand des dort errechneten schlimmstmöglichen Szenarios RCP8.5. (s. Abbildung 5: 30-jähriges Mittel bewegt sich nahe dem oberen Rand des orangenen Spektrums.)

Leider stellt die Betrachtung des 30-jährigen Mittels die gravierende Situation nur unzureichend dar. Denn besonders in den letzten circa zehn Jahren verstärkte sich der Temperaturanstieg weiter. (s. Abbildung 4: ab ca. 2014 löst sich die orange Linie des 10-jährigen Mittels von der roten Linie des 30-jährigen Mittels.) Daher ist zu erwarten, dass sich die Klimaüberhitzung in Bayern weiter verschärfen wird, und dass sich dies langfristig auch im 30-jährigen Mittel noch deutlicher abbilden wird. Damit besteht Grund zur Annahme, dass sogar die obere Grenze des pessimistischsten Szenarios RCP8.5 hinter der Realität zurückbleiben wird.

Die Klimaüberhitzung wird sich neben der Temperatur auch anhand weiterer Kennwerte bemerkbar machen. Diese werden in Abbildung 6 für die Szenarien RCP2.6 (mit Klimaschutz) und RCP8.5 (ohne Klimaschutz) dargestellt. Wie soeben erläutert, ist jedoch davon auszugehen, dass die zukünftige Entwicklung in der Realität noch heftiger ausfallen kann als die Werte des schlimmsten Szenarios (RCP8.5) in der untenstehenden Tabelle nahelegen.

Kennwert	Referenzzeitraum 1961-1990 (gemessene mittlere Werte)	Änderung im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961-1990 (modellierte mittlere Werte)					
		nahe Zukunft 2021-2050		mittlere Zukunft 2041-2070		ferne Zukunft 2071-2100	
		mit Klimaschutz	ohne Klimaschutz	mit Klimaschutz	ohne Klimaschutz	mit Klimaschutz	ohne Klimaschutz
Temperatur	7,5°C*	+ 1,4°C	+ 1,8°C	+ 1,6°C	+ 2,6 °C	+ 1,5°C	+ 4,2°C
Sommertage	28	+ 12,9	+ 15	+ 14	+ 24	+ 14	+ 43
Hitzetage	3,3	+ 4,2	+ 5,6	+ 4,7	+ 10,6	+ 4,6	+ 22,8
Tropennächte	0,01	+ 0,2	+ 0,3	+ 0,2	+ 1,1	+ 0,3	+ 6,2
Frosttage	115	- 23	- 33	- 25	- 47	- 24	- 70
Eistage	34	- 12,1	- 16	- 13,6	- 20	- 13,7	- 27

Tabelle 1: Projizierte Klimakennwerte der Zukunft für Bayern

Erklärung: Falls Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden und es so gelingt, die globale Erwärmung auf 2°C zu begrenzen (grüne Spalten; Klimaszenario RCP2.6), werden die Änderungen in Bayern weniger dramatisch ausfallen, als wenn keine weiteren Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden (rote Spalten; RCP8.5).

Quelle: eigene Darstellung

Daten: gemessener Temperaturwert (*) von DWD: <https://www.dwd.de/DE/Aeistungen/zeitreihen/zeitreihen.html#buehneTop>; Stand 21.02.2023

alle anderen Daten aus Schriftlicher Anfrage, Drs. 18/15529: http://www1.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP18/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/18_0015529.pdf; und von Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Bayern – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg.

Obwohl die projizierten Zukunftswerte in Abbildung 6 möglicherweise noch zu optimistisch sind, zeichnen sie für das Szenario RCP8.5 (ohne Klimaschutz) dennoch ein fatales Bild: Bis zum Ende des Jahrhunderts würden **Sommertage** (Höchsttemperaturen über 25°C) mehr als doppelt und **Hitzetage/heiße** Tage (Höchsttemperaturen über 30°C) sogar mehr als sechsmal so häufig auftreten wie in der Referenzperiode. Zudem hätten wir zusehends mit dem Auftreten von **Tropennächten** (Temperatur sinkt in der Nacht nicht unter 20°C) zu rechnen. Dagegen würden sich **Frosttage** (Temperatur mindestens einmal am Tag unter 0°C) um etwa 60 % und **Eistage** (Temperatur ganztägig unter 0°C) um mehr als 75 % reduzieren.

Dies sind jeweils die mittleren Werte, die in den Modellen errechnet wurden. Die möglichen Höchstwerte sind noch erheblich gravierender. Wir können allerdings durch Klimaschutzanstrengungen dafür sorgen, dass die Änderungen wesentlich moderater ausfallen.²⁵ Die regionale Verteilung dieser Kennwerte wird im Klima-Report Bayern 2021 (S. 35 ff.) ausführlich dargestellt.²⁶

Besondere Situation in den Alpen

Sehr stark zeigen sich die Klimaerwärmung und ihre Folgen im (bayerischen) Alpenraum. Während die mittlere Jahrestemperatur der Jahre 1901 bis 1930 an der Zugspitze bei minus 5°C lag, so betrug sie im Zeitraum 1991 bis 2020 nur noch minus 3,9°C. Ein Rekordjahr war 2020 mit erschreckend milden minus 2,7°C²⁷. Bei Betrachtung der Sommerhalbjahre (Mai – Okt.) lag die durchschnittliche Temperatur in den alpinen Hochlagen seit der Jahrtausendwende jedes Jahr über dem Mittelwert des Referenzzeitraums 1961 bis 1990 (s. Abbildung 6). Das Sommerhalbjahr 2022 wies mit plus 2,9°C die höchste Temperatur im gesamten betrachteten Zeitraum (seit 1901) auf.²⁸ Auch in Zukunft wird es die Alpen von allen Klimaregionen Bayerns am stärksten treffen. Ohne Klimaschutz-Anstrengungen ist mit einem Temperaturanstieg um 3,4°C bis 5,1°C bis zum Ende des Jahrhunderts zu rechnen.²⁹

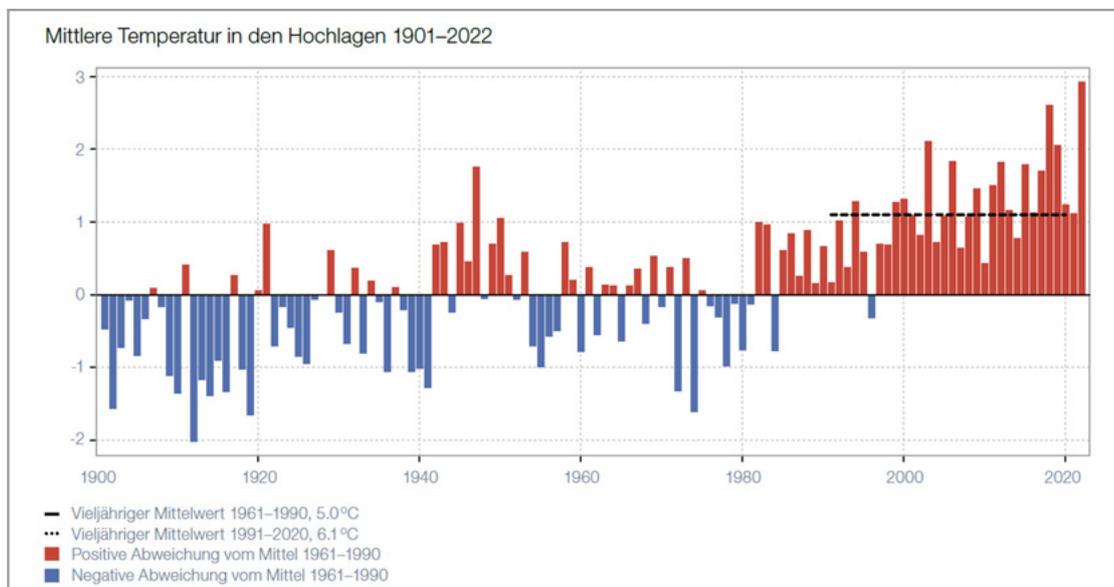


Abbildung 6: Temperaturen der Sommerhalbjahre in den Hochlagen der Alpen, 1901-2022

Erklärung: Die schwarze Linie steht für den Mittelwert des Zeitraums 1961 bis 1990. Rote Säulen stehen für Sommerhalbjahre, in denen dieser Mittelwert überschritten wurde. Blaue Säulen stehen für Sommerhalbjahre, in denen dieser Mittelwert unterschritten wurde.

Quelle: DWD, MeteoSchweiz, ZAMG (2022): Alpenklima Sommerbulletin 2022 – Klimazustand in den Zentral- und Ostalpen, S. 13.

Dies hat massive Auswirkungen, so etwa auf die Permafrostgebiete der Alpen. Von solchen Gebieten spricht man dort, wo über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren stets Minustemperaturen vorherrschen. Das trifft nur in hohen Berglagen (ab ca. 2.200 Meter) zu. In Bayern tritt Permafrost hauptsächlich an der Zugspitze auf, vereinzelt wohl auch im Allgäu und am Watzmann.³⁰ Für die Zugspitze wurde nachgewiesen, dass die gestiegenen Temperaturen in den hundert Jahren von 1915 bis 2015 bereits ein signifikantes Abschmelzen des Permafrosts zur Folge hatten.³¹ Ohne gegensteuernde Maßnahmen wird der dortige Permafrost Berechnungen zufolge zwischen 2040 und 2080 vollends verschwinden.³² Das ist deshalb problematisch, weil Permafrost eine stabilisierende Wirkung auf das Felsgestein hat. Schmilzt er ab, kann dies beispielsweise zu Steinschlägen und Felsstürzen führen.

Betroffen sind darüber hinaus auch Gletscher. Bei Fortsetzung des heutigen Trends werden bis zum Jahr 2100 beinahe alle Gletscher in den Alpen verschwunden sein.

Für Bayern wird davon ausgegangen, dass von den letzten fünf noch bestehenden Gletschern schon um 2030 "nur noch unscheinbare Reste" übrig sein werden. Dies hat nicht nur potenziell negative Auswirkungen auf den bayerischen Wasserhaushalt (siehe **4.1 Folgen für die Wasserwirtschaft**). Mit den Gletschern geht auch deren kühlende Wirkung verloren, wodurch die Temperatur im Alpenraum weiter steigen wird.³³

3.2 Stand und Projektionen der Niederschlagsentwicklung

Niederschlagsentwicklung bis heute

Mit dem Klima wandeln sich auch die Niederschläge. Bei Betrachtung des 70-jährigen Zeitraums 1951 bis 2019 ist im Sommer eine sinkende und im Winter eine steigende Tendenz zu erkennen. Genauer sank die Niederschlagsmenge in diesem Zeitraum im Sommerquartal (Jun. – Aug.) bayernweit um 13 %, in der besonders betroffenen Spessart-Rhön-Region sogar um 23 %. Dagegen stieg die Niederschlagsmenge im Winterquartal (Dez. – Feb.) um 9 %. Am stärksten betroffen war hier das ostbayerische Hügel- und Bergland mit einer Zunahme um 14 % (s. Abbildung 7).³⁴

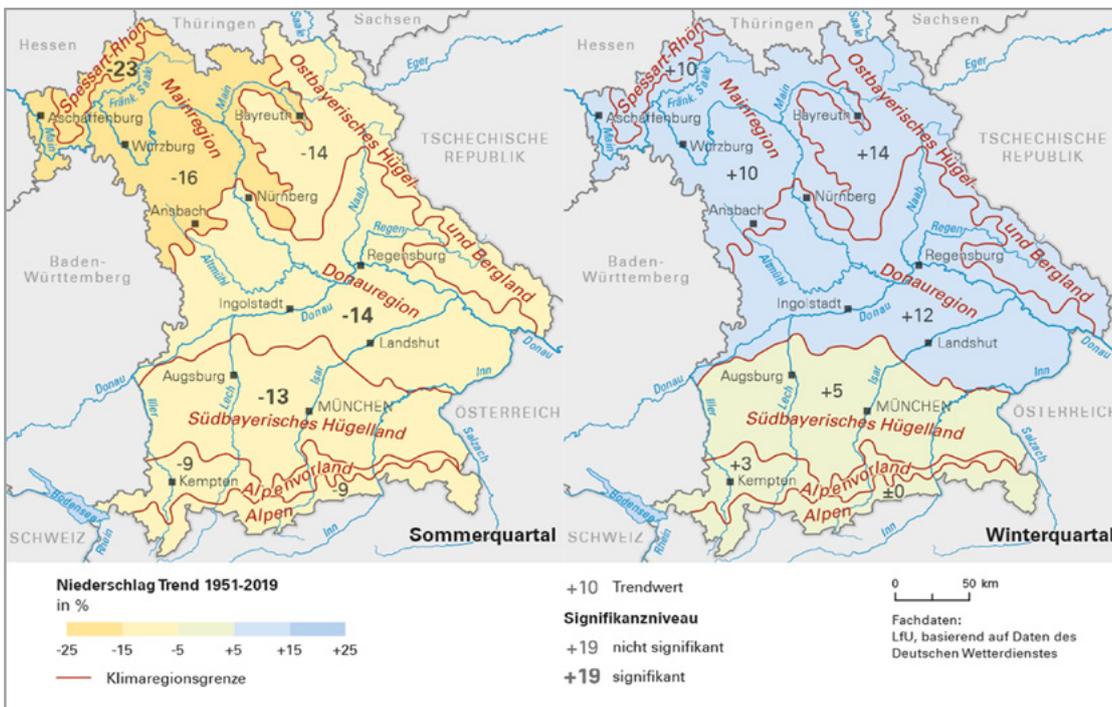


Abbildung 7: Historischer Trend der Niederschlagsmenge in Bayern, 1951-2019

Erklärung: Je dunkelgelber die Färbung, desto stärker hat die Niederschlagsmenge in der Vergangenheit abgenommen. Je dunkelblauer die Färbung, desto stärker hat die Niederschlagsmenge in der Vergangenheit zugenommen.

Quelle: LfU: <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/klimaveraenderung/niederschlag/index.htm>; Stand 23.02.2023.

An dieser Stelle ist jedoch Vorsicht geboten. In den 70 Jahren von 1951 bis 2019 nahmen die Winterniederschläge zwar insgesamt zu, doch in den letzten circa 10 Jahren erleben wir einen umgekehrten Trend. Seither waren beinahe ausschließlich alle Winter zu trocken (s. Abbildung 8). In jedem Winterhalbjahr seit 2013/14 lagen die Niederschlagsmengen unter dem Durchschnitt des Zeitraums 1961 bis 1990 (eine Ausnahme bildet für Nordbayern das Winterhalbjahr 2015/16).³⁵



Abbildung 8: Niederschlagssummen der Winterhalbjahre ab 2012/13

Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher war die Niederschlagsmenge des jeweiligen Winterhalbjahres. Die gestrichelte Linie markiert den Durchschnitt des Referenzzeitraums 1961-1990.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: Schriftliche Anfrage, Drs. [18/24560](#)

Während die Niederschlagsmengen sinken, steigen die Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen, begünstigt durch die Klimaerwärmung. Denn „eine um ein Grad wärmere Atmosphäre kann rund 7 % mehr Wasser aufnehmen. Damit können auch die normalen Niederschläge in der gleichen Größenordnung intensiver werden“³⁶. Schon im Zeitraum von 1931 bis 2000 verzeichneten mehr als 90 % der 415 untersuchten Messstationen in Süddeutschland eine Zunahme von Starkregenereignissen. Die Intensität dieser Zunahmen lag durchschnittlich bei 20-25 %.³⁷ Auch in den vergangenen beiden Jahrzehnten ist weiter eine steigende Tendenz bei der Anzahl von Starkregenereignissen (für Deutschland) zu erkennen (s. Abbildung 9).

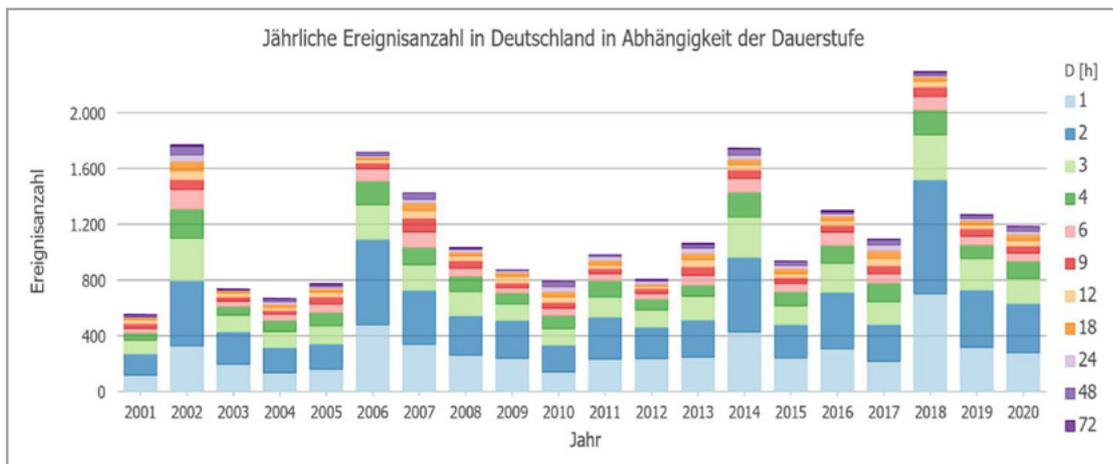


Abbildung 9: Anzahl der Starkregeneignisse in Deutschland pro Jahr, 2001-2020

Erklärung: Je höher die Säulen, desto mehr Starkregeneignisse gab es in den jeweiligen Jahren. Die farbigen Abschnitte zeigen an, wie viele dieser Ereignisse jeweils wie lange andauerten.

Quelle: DWD (2021): RADKLIM-Bulletin Nr. 01 – Offenbach.

Niederschlagsentwicklung der Zukunft

Die Klimamodelle gehen davon aus, dass die bisher gemessenen langfristigen Trends sich fortsetzen, und sich ohne massive Klimaschutzmaßnahmen weiter verschärfen werden – mit absehbar negativen Folgen für die Natur sowie für Land- und Forstwirtschaft. So drohen laut der Projektionen im Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5) bis zum Ende des Jahrhunderts 11 % weniger Niederschlag im Sommer und 14 % mehr im Winter gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 bis 2000. Bei Einhaltung des 2-Grad-Ziels (RCP2.6) ließen sich diese Auswirkungen auf -1 % im Sommer und +5 % im Winter begrenzen.³⁸

Erneut ist hier jedoch Vorsicht geboten. Während der zukünftige Trend hin zu immer weniger Niederschlag im Sommer unstrittig ist, gibt es gute Gründe, die projizierte zukünftige Zunahme im Winter anzuzweifeln. Diese hat sich in der jüngeren Vergangenheit nicht eingestellt. Im Gegenteil waren, wie oben beschrieben, die Winterhalbjahre seit 2013/14 in Bayern fast ausnahmslos zu trocken.

Auch die Häufung von Extremwetterereignissen wie Starkregen und Trockenzeiten mit Dürre wird sich fortsetzen.³⁹ Diese Veränderungen der Niederschläge gehen einher mit einem steigenden Risiko von Niedrig- und Hochwasserereignissen, sowie mit Gefahren für die Trinkwasserversorgung und die Gewässerqualität. Dies wird im nachfolgenden Kapitel näher erläutert.

Trockenheit und Dürre

Die selteneren Niederschläge und die Verdunstung infolge steigender Temperaturen führen zunehmend zu Wassermangel. Es kommt zu Trockenheit und Dürren. Beide Begriffe sind nicht eindeutig voneinander zu trennen. Trockenheit wird definiert als mindestens sieben aufeinanderfolgende Tage mit weniger als 1 mm Niederschlag. Von Dürre wird meist dann gesprochen, wenn deutliche negative Auswirkungen erkennbar sind.⁴⁰ Je nach Dauer gibt es unterschiedliche Arten von Dürre⁴¹:

- meteorologische Dürre: 1 bis 2 Monate.
- landwirtschaftliche Dürre: über 2 Monate. Es kann zu Ernteeinbußen kommen.
- hydrologische Dürre: 4 Monate oder länger. Es kann zu Grundwassermangel und sinkenden Pegeln in Seen und Flüssen kommen.
- sozio-ökonomische Dürre: ein Jahr oder länger. Es kann zu starken Problemen für die Bevölkerung und für die Wirtschaft kommen.

In vielen Regionen der Erde steigt das Dürrierisiko im Zuge der Klimaüberhitzung. Die komplexen und meist indirekten Auswirkungen von Dürre „können sich schnell kaskadenartig im gesamten Wirtschaftssystem ausbreiten sowie Ökosysteme und die biologische Vielfalt beeinträchtigen“⁴².

Für Bayern ist die Datenlage dazu aktuell eher dünn. Im Zeitraum 1951 bis 2019 wurde im Trend eine leichte Zunahme der Anzahl von Trockenperioden pro Jahr registriert. Für die Zukunft wird eine weitere Zunahme projiziert (s. Abbildung 10). Im Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5) soll die Häufigkeit von Trockenperioden demnach um 9 % steigen.⁴³ Drastischer verhält es sich bei Betrachtung der mittleren Dauer von Dürreperioden. Diese soll sich bei einer projizierten Erwärmung von 3°C in Bayern um 53 % verlängern.⁴⁴

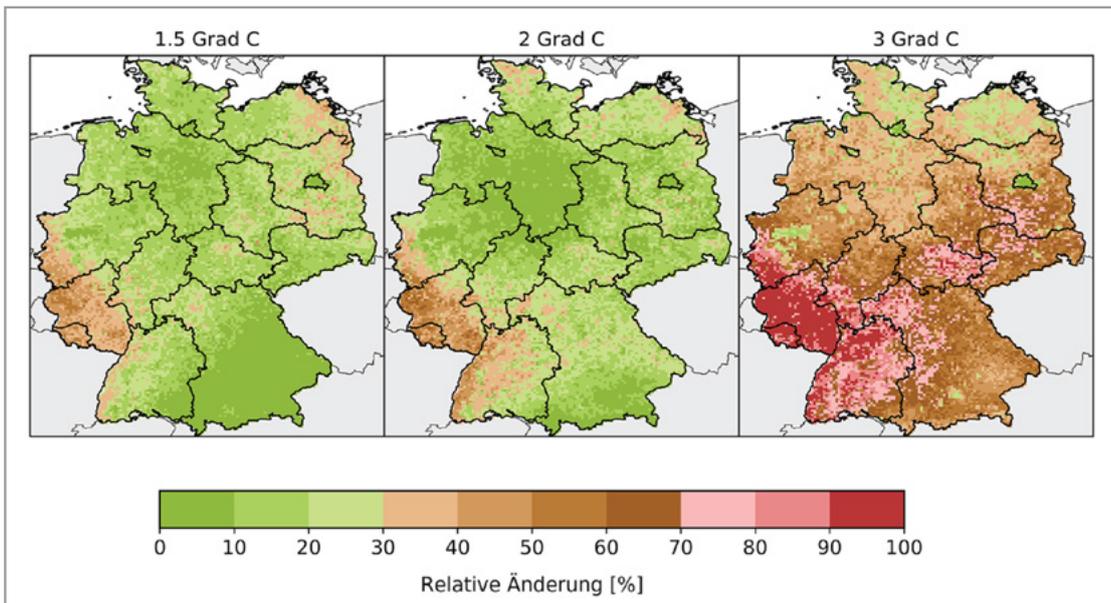


Abbildung 10: Änderung der durchschnittlichen Dürredauer in Deutschland

Erklärung: Dargestellt ist, um wie viel länger Dürreperioden regional durch die Klimaüberhitzung andauern. Links wird von einer Erwärmung um 1,5°C ausgegangen, in der Mitte von einer Erwärmung um 2°C, und rechts von einer Erwärmung um 3°C. Grüne Färbungen stehen für moderate Verlängerungen der Dürreperioden, braune Färbungen für mittlere Verlängerungen, und rote Färbungen für starke Verlängerungen.

Quelle: Thober, S., Marx, A., Boeing, F. (2018): Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland (Projekt HOKLIM) – Leipzig.

4. KLIMAFOLGEN IN BAYERN

Die in Kapitel 3 beschriebenen Auswirkungen der Klimaüberhitzung auf das Wetter lassen sich durch Klimaschutzbemühungen abschwächen, aber nicht aufhalten. Sie werden weitreichende Konsequenzen für nahezu alle Aspekte unseres Lebens haben. Daher ist es unabdingbar, durch wirksame Anpassungsmaßnahmen die Gesundheit von Menschen und Tieren, die Umwelt sowie die Wirtschaft zu schützen.

Zu den zu erwartenden Folgen der Klimakrise zählen Hochwasser- und Starkregenereignisse, die verheerende Schäden anrichten können, genauso wie immer neue Niedrigststände beim Grundwasser und damit zunehmende Trinkwasserknappheit. In der Landwirtschaft drohen Ernteeinbußen durch Hitze, Trockenheit, Dürre, Extremwetterereignisse und enorme Schädlingsvermehrung. Unter ähnlich schlechten Bedingungen leiden die Wälder, es droht in Teilen der Welt ein klimabedingtes Waldsterben. Auch die Biodiversität ist erheblich in Gefahr. Schon heute beobachten wir ein erschreckendes Artensterben. Besonders betroffen sind bei uns sensible Gebiete wie die bayerischen Moore und Alpen. Die menschliche Gesundheit wird vor allem durch die zunehmende Hitze, Naturkatastrophen, Wassermangel und durch Verbreitung auch neuartiger Krankheitserreger bedroht.

In Städten, Ballungsräumen und stark verdichteten Innenorten staut sich die Hitze durch den Wärmeinseleffekt oft besonders an. Schließlich wird auch der Tourismus, ein wichtiger Standortfaktor in weiten Teilen Bayerns, stark unter der Klimakrise leiden, wenn eine frühzeitige Anpassung versäumt wird.

All diese und weitere Folgen der Klimaüberhitzung werden in den Kapiteln 4.1 bis 4.7 ausführlich beleuchtet.

4.1 Folgen für die Wasserwirtschaft

Niedrigwasserabflüsse und Hochwasserereignisse

Im Winter wird der Niederschlag aufgrund der steigenden Temperaturen seltener in Form von Schnee und häufiger in Form von Regen fallen. Damit verschwindet ein wichtiger Puffereffekt, der für eine gleichmäßige Grundwasserneubildung sorgt. Dies erhöht in Verbindung mit den zunehmenden Starkregenereignissen die Hochwassergefahr.⁴⁵ Außerdem werden die Abflüsse im Frühjahr dadurch deutlich zurückgehen.⁴⁶ Dennoch kann es weiterhin zu Starkschnee-Ereignissen kommen. Gerade bei Temperaturen um 0°C ist der Schnee besonders schwer und kann so zu Dacheinstürzen, Lawinen und Schneebruch führen. Dies zieht potenziell massive Sach-, Personen- und Umweltschäden nach sich. Ein trauriges Beispiel ist der Einsturz der Eissporthalle in Bad Reichenhall im Januar 2006, bei dem 15 Menschen starben.⁴⁷ Zuletzt war auch der Winter 2018/19 in Bayern zeitweise von starkem Schneefall geprägt, was zu großer Lawinengefahr führte.⁴⁸ Dadurch entstanden akute Risiken von Lawinen und einstürzenden Dächern, die mancherorts Evakuierungen notwendig machten. Der Bahnverkehr war teils vollständig lahmgelegt und ganze „Dörfer waren von der Außenwelt abgeschnitten“⁴⁹.

Im Sommer werden zunehmende Trockenperioden häufiger zu niedrigen Wasserpegeln in den Flüssen und Seen führen.⁵⁰ Dadurch kommt es immer öfter zu Problemen für die Schifffahrt, so zuletzt in den Sommern 2015, 2018 und 2022.⁵¹ Niedrige Wasserstände können auch negative Folgen für im Wasser lebende Tiere und Pflanzen nach sich ziehen⁵² (siehe **4.4 Folgen für Naturschutz und Biodiversität**). Auch im Sommer kann allerdings Starkregen auftreten. Nach längeren Trockenperioden versickert der Regen schlechter. Dies verstärkt die Gefahr von Sturzfluten und Schlammlawinen. Ein erschreckendes Beispiel hierfür ist die Ahrtal-Katastrophe von 2021.

Wichtig ist hierbei die Rolle von Gletschern. Sie geben während trockener Schönwetterlagen im Sommer üblicherweise viel Schmelzwasser ab. Das trägt dazu bei, den Wasserhaushalt der Flüsse auch in diesen Trockenphasen zu stabilisieren. Wie bereits erläutert (siehe **3.1 Stand und Projektionen der Temperaturentwicklung**) werden die bayerischen Gletscher jedoch bis 2030 wohl nahezu vollständig verschwunden sein. Damit geht ihre stabilisierende Wirkung auf den Wasserhaushalt verloren. Innerhalb der Alpen wird der Gletscherschwund, vor allem in heißen und trockenen Sommern, voraussichtlich zu lokaler Wasserknappheit führen.⁵³

Grundwasser und Trinkwasserversorgung

Die sich verändernde Niederschlagsituation hat massive Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Grund- und Trinkwasser in Bayern. Dies lässt sich am besten anhand der Entwicklung der Grundwasserneubildung beobachten. Darunter versteht man die Wiederauffüllung des Grundwassers, in erster Linie durch Regen.⁵⁴ Schon seit 2003 weist die bayerische Grundwasserneubildung ein hohes Defizit auf. Diese Situation wird durch vermehrt auftretende Trockenjahre (zuletzt 2015, 2018, 2019, 2020, 2022) verschärft. Eigentlich sollte die Grundwasserneubildung hauptsächlich in den Winterhalbjahren stattfinden. Allerdings war dies in den letzten Jahren aufgrund der durchgehend zu trockenen Winter nur sehr eingeschränkt möglich (s. Tabelle 2 und Abbildung 11).

Jahr	Grundwasserneubildung Defizit gegenüber 1971-2000 [%]
2012	-7
2013	+13
2014	-36
2015	-32
2016	-9
2017	-15
2018	-32
2019	-22
2020	-29
2021	-13

Tabelle 2: Defizit der Grundwasserneubildung in Bayern seit 2012

Erklärung: Seit 2014 ist die Grundwasserneubildungsrate in Bayern jedes Jahr (meist deutlich) niedriger als im Durchschnitt des Vergleichszeitraums 1971-2000.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: Schriftliche Anfrage, Drs. [18/24560](#)

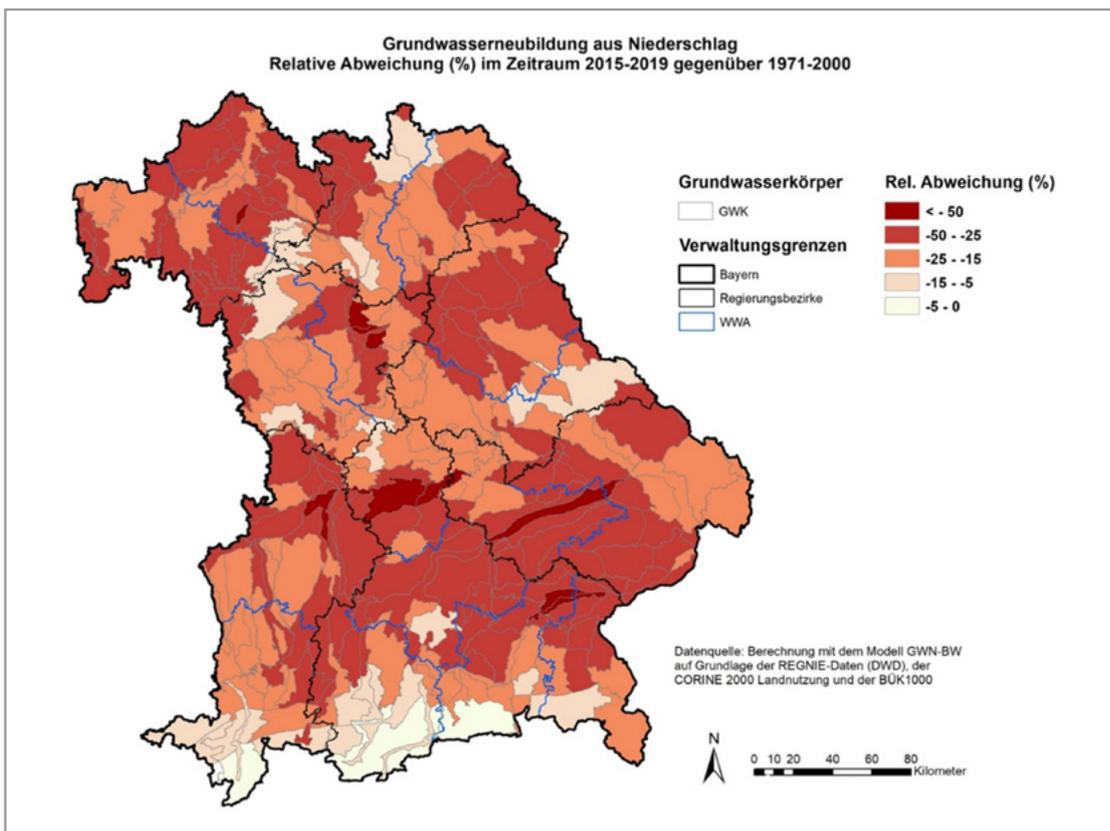


Abbildung 11: Grundwasserneubildung aus Niederschlag in Bayern, 2015-2019 ggü. 1971-2000

Erklärung: Je dunkler die Färbung, desto weiter lag die Grundwasserneubildung in den Jahren 2015 bis 2019 unter dem Mittelwert des Referenzzeitraums 1971 bis 2000.

Quelle: Schriftliche Anfrage, Drs. [18/10490](#)

Eine hiervon besonders betroffene bayerische Region ist Unterfranken. Seit der Jahrtausendwende gab es dort nur noch wenige Jahre, in denen die Grundwasserneubildung das mittlere Niveau der Referenzperiode 1971 bis 2000 erreichte (s. Abbildung 12).

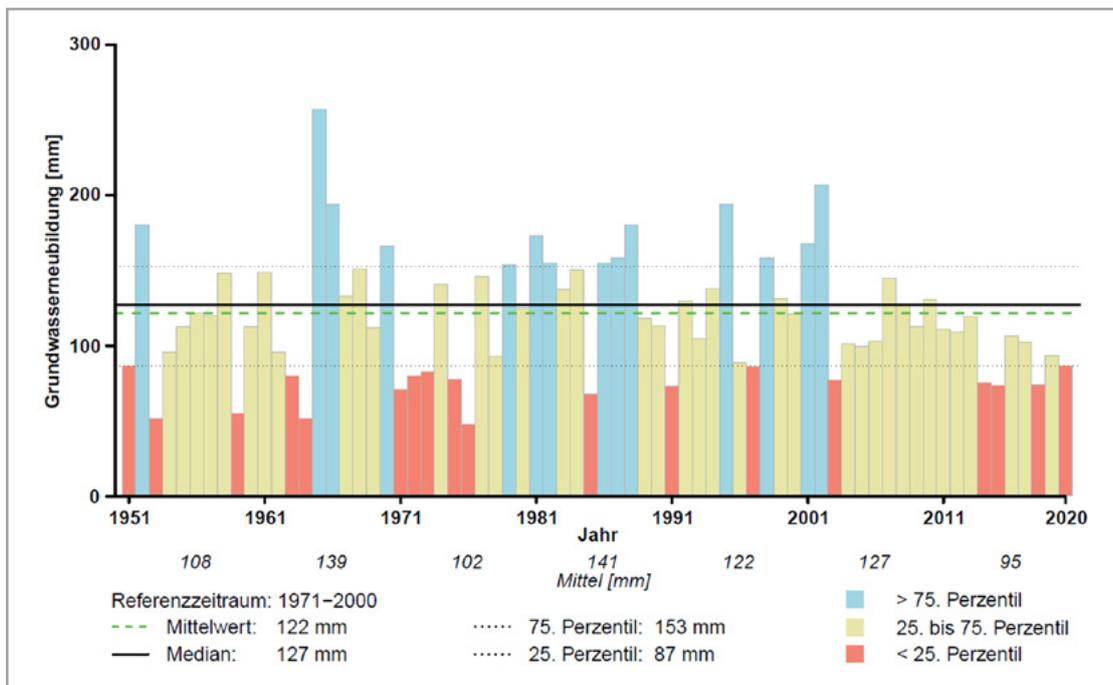


Abbildung 12: Grundwasserneubildung aus Niederschlag in Unterfranken, 1951-2020
 Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher war im jeweiligen Jahr die Grundwasserneubildung. Blaue Säulen stehen für überdurchschnittliche, gelbe Säulen für mittlere und rote Säulen für unterdurchschnittliche Jahre. Der Vergleichszeitraum 1971 bis 2000 wird durch die schwarze Linie (Median) bzw. die grüne gestrichelte Linie (Mittelwert) dargestellt.
 Quelle: Regierung von Unterfranken (2021): Wasserversorgungsbilanz Unterfranken – Bestandsanalyse + Entwicklungsprognose 2035 – Würzburg, S. 42.

Das nun seit 20 Jahren andauernde Defizit der Grundwasserneubildung führt zu immer niedrigeren Grundwasserständen. Das ist vor allem deshalb höchst problematisch, weil über 90 % des bayerischen Trinkwassers aus Grundwasser stammt. Zum Ende der vergangenen sieben Winterhalbjahre (2015/16 bis 2021/22, seitdem liegen vergleichbare Daten vor) wiesen jeweils zwischen 55 % und 85 % der tieferen Messstellen (sehr) niedrige Werte auf. In den oberen Stockwerken waren es 28 % bis 63 % der Messstellen.⁵⁵ Die Füllstände der bayerischen Quellen sind tagesaktuell sowie für die jüngere Vergangenheit beim Niedrigwasser-Informationssdienst einsehbar: www.nid.bayern.de.

Die Verfügbarkeit des Wassers sinkt also, während gleichzeitig – insbesondere in den vermehrt auftretenden Trockenperioden im Sommer – der Bedarf zunimmt. Das oberflächennahe Grundwasser allein kann diesen Bedarf nicht mehr decken. Daher wird in Bayern mittlerweile auch auf Tiefengrundwasser zugegriffen, das eigentlich als Grundsicherung für nachfolgende Generationen dienen sollte, und das „nur bei unabdingbarer Notwendigkeit [und] wenn keine anderen Alternativen vorhanden sind“⁵⁶ entnommen werden darf.

Dementsprechend wird die Frage nach einer gerechten Verteilung des Grundwassers immer wichtiger. Der Wasserbedarf der Landwirtschaft und der Industrie steht den Interessen der öffentlichen Trinkwasserversorgung gegenüber. Mit einer neuen Wasserpolitik gilt es Verteilungskämpfen vorzubeugen, die sich bereits heute in Teilen Bayerns ankündigen.⁵⁷

Erkennbar sind diese Verteilungskämpfe auch daran, dass aktuell große Mineralwasserkonzerne Zugriffsrechte auf Quellen erwerben, um konkurrenzfähig zu bleiben.⁵⁸ Wir werden hier die Diskussion führen und entscheiden müssen, inwieweit das Allgemeingut Grundwasser vorwiegend zur Gewinnerzielung überhaupt noch wie privates Eigentum genutzt werden darf. Dies gilt besonders, da Bayern eines von nur drei Bundesländern ist, die kein Wasserentnahmeentgelt („Wassercent“) erheben. Konzerne greifen bislang kostenlos auf das Grundwasser zu und verkaufen es zum bis zu hundertfachen Preis von Leitungswasser, das aus derselben Quelle stammt.⁵⁹

Folgen für die Gewässerqualität

Die bayerischen Oberflächengewässer haben sich in den letzten 30 Jahren um durchschnittlich 1,5°C erwärmt.⁶⁰ Bei steigenden Temperaturen tritt tendenziell eine Verschlechterung der Gewässerqualität auf. Auch Trockenheit führt aufgrund eingeschränkter Verdünnung der Abwässer potenziell zu einer Verschlechterung der Wasserqualität. Die Messdaten der bayerischen Seen und Flüsse taugen nicht für einen Tourismusprospekt. Hier ist Handeln dringend notwendig. Die Gewässererwärmung hat schon heute beobachtbare Folgen. So sinkt dadurch der Sauerstoffgehalt des Wassers.⁶¹ Für Fische wie den Huchen oder die Forelle führt dies zu Gefahren bis hin zum Erstickungstod.⁶²

Darüber hinaus ist ein verstärktes Wachstum von Algen und Makrophyten (sichtbare Wasserpflanzen) festzustellen. Das kann zu ökologischen Problemen für Flora und Fauna führen, wie Sauerstoffkrisen in Folge von Abbauprozessen, aber auch zur Beeinträchtigung der Freizeitnutzung und sogar zu Gefahren für die menschliche Gesundheit. Herauszuheben sind die Cyanobakterien (Blaualgen), die sich in wärmer werdenden Seen vermehren können. Sie produzieren Giftstoffe, die „bei Mensch und Tier Haut, Leber oder Nerven schädigen können“⁶³. Besonders gefährdet sind Wasser schluckende Kinder oder auch Hunde. Letztere können gar an dem verunreinigten Wasser sterben.⁶⁴ (siehe **4.4 Folgen für Naturschutz und Biodiversität** und **4.5 Folgen für die menschliche Gesundheit**).

4.2 Folgen für die Landwirtschaft

Die alltäglichen Herausforderungen in der Landbewirtschaftung verschärfen sich für die Landwirt*innen durch die zunehmende Klimaüberhitzung. Die Umwelt- und Landwirtschaftspolitik im Freistaat ist gefordert, mit geeigneten Instrumenten die Landwirtschaft bei der Bewältigung dieser Herausforderungen noch besser zu unterstützen. Obwohl sich manche Änderungen positiv auf den Ertrag einiger Nutzpflanzen auswirken können – so etwa die zunehmende Verlängerung der Vegetationsperiode auf die Wein-Spätlese oder den Maisanbau – wird es kaum eine Region in Bayern geben, die unterm Strich von der Klimaüberhitzung profitiert.

Veränderungen der Vegetationsperioden

Das Pflanzenwachstum setzt aufgrund der wärmeren Temperaturen im Frühling immer früher ein. Dies führt zu Verschiebungen in der Synchronizität zwischen den Lebenszyklen von Pflanzen, Bestäubern, Pathogenen, Schädlingen, und deren Gegenspielern. So verschiebt sich die Obstblüte in einen Zeitraum, in dem die Tage kürzer sind. Dadurch stehen den Honigbienen weniger Tageslichtstunden zur Verfügung, in denen sie fliegen und die Obstblüten bestäuben können.⁶⁵ Gleichzeitig besteht weiterhin die Gefahr von Nachtfrösten bis in den Mai. Beispielhaft zu erkennen ist die immer früher einsetzende Vegetationsperiode anhand der Apfelblüte (s. Abbildung 13).

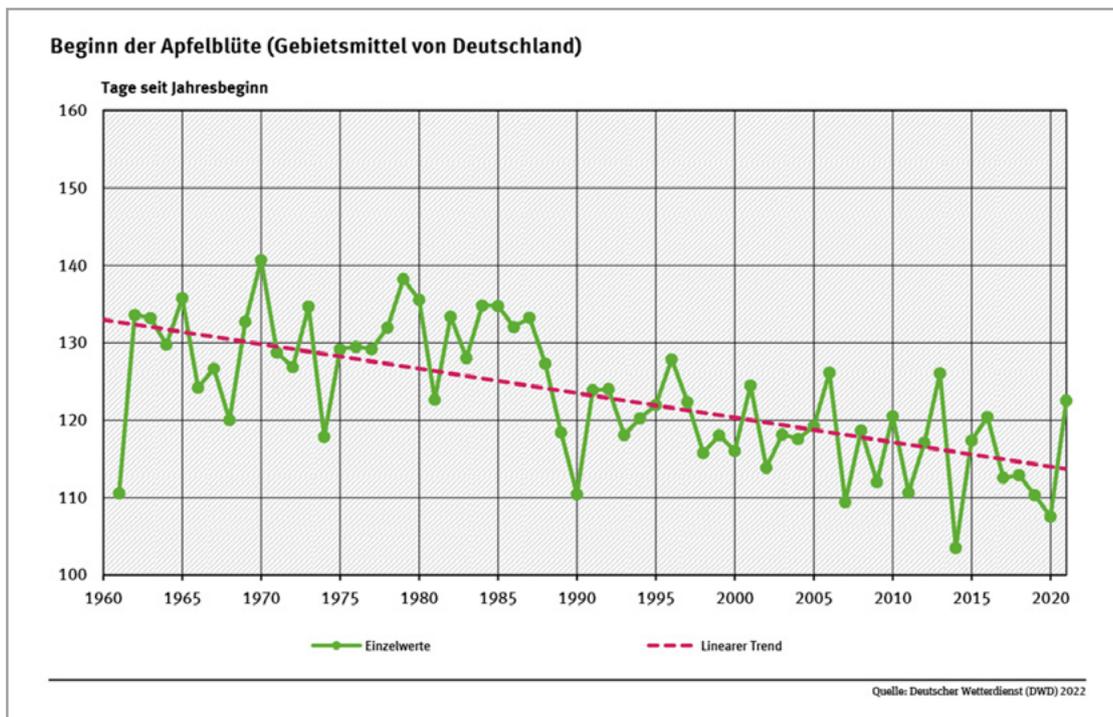


Abbildung 13: Beginn der Apfelblüte in Deutschland, 1960-2021

Erklärung: Je niedriger die grünen Punkte, desto früher setzte im jeweiligen Jahr die Apfelblüte ein. Die rot gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend an, der deutlich macht, dass die Apfelblüte immer früher einsetzt.

Quelle: UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/beginn-der-apfelbluete>; Stand 13.03.2021.

Beim Weinbau steigt durch die frühere Blüte das Risiko, dass zu früh entwickelte Reben durch Spätfröste beschädigt werden und es so zu erheblichen Ernteaufschlägen kommt. Dies war im Jahr 2020 der Fall. Am 12.05.2020 führten Spätfröste vor allem im östlichen Teil des Maindreiecks zu hohen Schäden. Für bis zu sieben Stunden zeigte das Wetterstationsnetz des Weinbauingenieurverbandes Franken e.V. an einem Großteil der direkt in den Weinbergen stehenden Stationen Temperaturwerte unter 0°C.⁶⁶ An vielen Stellen wurden mehr als drei Viertel der Pflanzen geschädigt.⁶⁷

Schäden an Kulturen durch Extremwetterereignisse

Extremwetterereignisse häufen sich in den letzten Jahren und werden klimawandelbedingt weiter zunehmen. Daher ist auch in Bayern mit erheblichen und regional sehr unterschiedlichen Ertragsveränderungen zu rechnen. Die Hitzewellen in den Sommern 2015 und 2018 führten beispielsweise durch Dürre, Unwetter und Hitze europaweit zu Ernteaufschlägen in Milliardenhöhe. Im Jahr 2022 waren die Hitze- und Dürreschäden auf Äckern, Wiesen und Weiden vor allem in Nordbayern erheblich.

Besonders einschneidend war das Dürrejahr 2018. Die Hektarerträge bei Getreide⁶⁸ lagen deutschlandweit um 15,5 % unter dem Durchschnitt der drei vorausgegangenen Jahre. Während der Rückgang in Bayern bei nur knapp 9 % lag, waren vor allem die norddeutschen Bundesländer sehr stark betroffen (Schleswig-Holstein mit 28,8 %; Brandenburg mit 25,9 %; Mecklenburg-Vorpommern mit 25,6 %; Sachsen-Anhalt mit 25,2 %).⁶⁹ Dies ging einher mit einem enormen ökonomischen Schaden. Die Gesamtverluste der Landwirtschaft aus dem Jahr 2018 werden auf 770 Millionen Euro beziffert.⁷⁰ Da die Trockenheit 2018 als Ereignis von nationalem Ausmaß eingestuft wurde, legten Bund und Länder zusammen, um die betroffenen Betriebe mit insgesamt 340 Millionen Euro zu unterstützen. Diese Hilfe wurde ausschließlich kleinen und mittleren Unternehmen zuteil, die durch die Dürre in existenzielle Not geraten waren (bei Rückgang der durchschnittlichen Jahreserzeugung um mehr als 30 %). Der Zuschuss deckte bis zu 50 % des entstandenen Schadens, bzw. maximal 500.000 Euro pro Betrieb.⁷¹

Zusätzlich förderte das „Bayerische Hilfsprogramm Grundfutterzukauf Dürre 2018“ den Zukauf von Futter für Raufutterfresser (z. B. Rinder, Schafe, Pferde), der durch die Trockenheit nötig war. Auch hier betrug der Zuwendungsanteil 50 % der Ausgaben der Betriebe, oder höchstens 50.000 Euro je Unternehmen.⁷² Bereits das Hitzejahr 2022 war erneut ein schlechtes Jahr für die bayerische Landwirtschaft. Der Rückgang der Hektarerträge bei Getreide gegenüber den Jahren 2015-17 lag laut vorläufigen Zahlen bei 7,4 %.⁷³

Zur Absicherung der Landwirt*innen gegen Dürre und andere Extremwetterereignisse führte der Freistaat Bayern zum Jahresbeginn 2023 eine Mehrgefahrenversicherung ein. Diese kann jedoch allenfalls die finanziellen Verluste durch Ernteausfälle abfedern. Sinnvoller wäre, das Risiko von Ernteausfällen von vornherein durch klimaangepasste Landwirtschaft zu minimieren.

Auswirkungen von Trockenheit und Hitze

Die zunehmende Hitze und Trockenheit stellen die Landwirtschaft vor große Herausforderungen. Nicht nur das verfügbare Grundwasser sinkt, sondern auch das im Boden gespeicherte Wasser. Die Dürresituation des Gesamt- und Oberbodens sowie das pflanzenverfügbare Wasser sind tagesaktuell einsehbar im Dürremonitor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung.⁷⁴ Für Pflanzen wird es kritisch, wenn der Wassergehalt im Boden den Wert von 30 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) unterschreitet. Der sogenannte Trockenheitsindex misst, wie oft im Jahr diese Unterschreitung vorkommt.⁷⁵ Landwirtschaftlich genutzte Kulturlandschaft ist in der Regel eine entwässerte Landschaft. Schon von 1951 bis 2010 zeigt der Trockenheitsindex im Sommerhalbjahr für alle Regionen Bayerns, außer für den Oberen Main, eine Zunahme (s. Tabelle 3).⁷⁶ Seither hat sich die Situation weiter verschärft, so war 2018 mit 115 Trocken-tagen ein Rekordjahr. Auch für die Zukunft ist von einem weiter steigenden Trockenheitsindex auszu-gehen.⁷⁷ Dabei misst der Index mit seiner kritischen Grenze von 30 % nFK nur das Worst-Case-Szenario. Getreide, Zuckerrüben oder Frischgemüse benötigen schon ab einem Wert von unter 40 % bis 50 % nFK zusätzliche Bewässerung.⁷⁸ Auf Sand- und Tonboden (z. B. Nürnberger Achse oder Steigerwald-Region) fallen Schäden durch Trockenperioden besonders gravierend aus. Die Sommertrockenheit wird daher besonders im Nordwesten Bayerns, aber auch im mittleren Bayern, zu einer Herausforderung für die Lebensmittelerzeugung. Die zunehmende Trockenheit ist in Abbildung 14 anschaulich dargestellt.

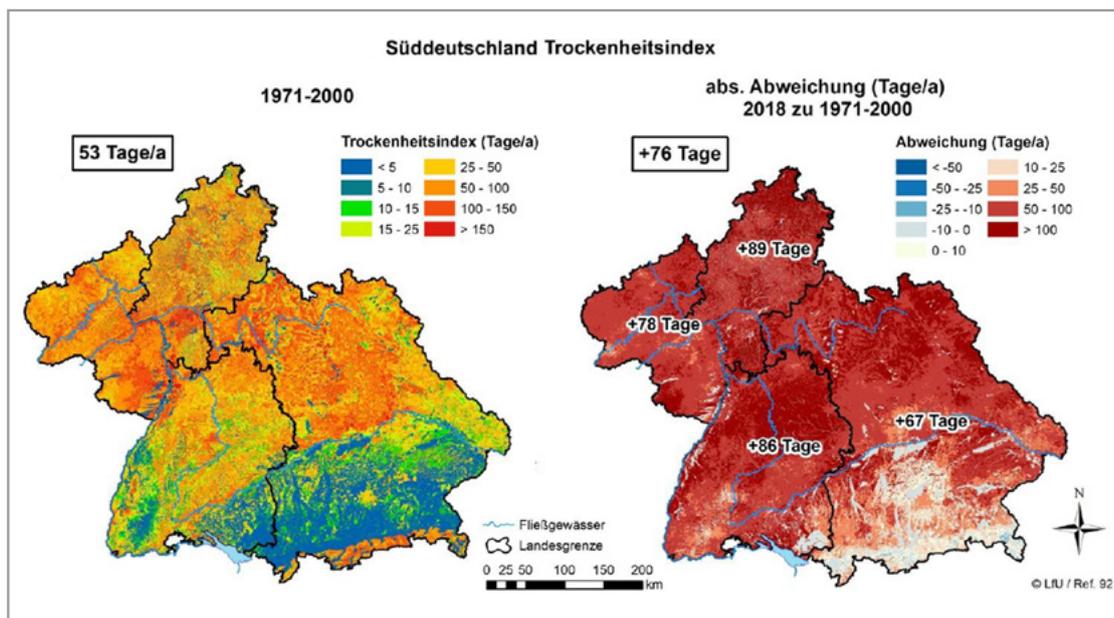


Abbildung 14: Trockenheitsindex in Süddeutschland, Vergleich 2018 mit 1971-2000

Erklärung: Zu beachten ist v. a. die rechte Karte. Darauf dargestellt ist die Abweichung des Trockenheitsindex im Rekordjahr 2018 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 bis 2000. Je dunkelroter die Färbung, desto stärker war die Abweichung nach oben. Für Bayern lag der Trockenheitsindex 2018 um 67 Tage über dem Mittel des Referenzzeitraums (für ganz Süddeutschland sogar um 76 Tage).

Quelle: KLIWA (2019): KLIWA-Kurzbericht – Das Jahr 2018 im Zeichen des Klimawandels? Viel Wärme, wenig Wasser in Süddeutschland, S. 11.

Indikator	Unterer Main		Oberer Main		Bayerisches Mittelgebirge		Mittlere Donau		Iller-Lech		Isar-Inn	
	MW	Trend	MW	Trend	MW	Trend	MW	Trend	MW	Trend	MW	Trend
Trockenheits-Index SHJ	77	+6	76	-1,5	53	1,7	48	+7,6	14	+5,3	15	+3,4

Tabelle 3: Trockenheitsindex in den Sommerhalbjahren für Bayern, 1951-2010

Erklärung: „MW“ steht für „Mittelwert“ und gibt an, wie viele Tage im Zeitraum 1951 bis 2010 im Mittel pro Jahr unter der kritischen Grenze von 30 % nFK lagen. Der Trend zeigt, dass die Anzahl dieser Tage in besagtem Zeitraum in jeder Region, außer am Oberen Main, zunahm.

Quelle: Bayerische Staatsregierung (2016): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie - München, S. 19.



Abbildung 15: Symbolbild Dürreerscheinungen in einem Maisfeld; Foto: Gabriele/stock.adobe.com

Dürre kann besonders in sensiblen Wachstumsphasen (während der Blüten-, Blatt- und Fruchtbildung oder der Abreife) dramatische Folgen für die Ernteerträge haben. Beispielsweise gab es in Unterfranken im Hitzesommer 2022 Ernteausfälle von bis zu 30 %.⁷⁹ Niedrige Grundwasserstände und sinkende Pegel führen dazu, dass nach Alternativen und langfristigen Lösungen abseits künstlicher Bewässerung gesucht werden muss. Die Wasserhaltefähigkeit der Landschaft muss wiederhergestellt und gesteigert werden. Der Kulturpflanzenbau muss an die trockeneren Bedingungen angepasst werden.

Auch die Betriebsausrichtung muss in manchen Regionen überdacht werden. Besonders trifft dies auf die Tierhaltung zu, wenn Futter knapp wird oder Hitzestress die Wachstums-, Milch- oder Reproduktionsleistungen der Tiere einschränkt.⁸⁰

Auswirkungen von Unwettern, Hagel und Sturm

Durch die Klimaüberhitzung ist eine Zunahme von Extremwetterereignissen wie Stürmen, Starkregen und Hochwassern zu erwarten.⁸¹ In vielen Regionen ist dies schon heute erkennbar. Diese Ereignisse können zu erheblichen, bis hin zu totalen Ernteausfällen führen. Dabei kann besonders den Stürmen, einschließlich Orkanen und Tornados, kaum durch Anpassung der Produktionsmaßnahmen entgegengewirkt werden.

Als besonders anfällige Kultur gilt zum Beispiel der Hopfen. Die bayerische Hallertau ist das größte zusammenhängende Hopfenanbaugebiet der Welt. Dort wird etwa ein Drittel des weltweiten Hopfens produziert. In den letzten Jahren litt das Gebiet immer wieder nicht nur unter extremer Dürre, sondern auch unter Stürmen und Hagel. Zuletzt war auch „das Hopfen-Jahr 2022 [...] ein Fiasko“⁸².

Auswirkungen auf den Boden

Höhere Temperaturen beschleunigen die Zersetzung und Mineralisierung der organischen Substanzen in Böden. Zugleich führen enge Fruchtfolgen, intensive Düngung, hoher Pestizideinsatz sowie der fehlende Eintrag von organischem Material zum Verlust von Humus und biologischer Vielfalt im Boden. Die Bodenfruchtbarkeit wird geringer. Böden, die biologisch verarmt und verdichtet sind, nehmen weniger Wasser auf und können weniger Wasser speichern. Regen fließt von der Oberfläche ab, ohne in den Boden einzudringen. Dieses Wasser fehlt in klimatisch bedingten Trockenzeiten. Durch häufigere Starkregenereignisse werden auch Erosionserscheinungen wie Bodenabschwemmungen verstärkt auftreten. Auch in Trockenzeiten wird Bodenabtrag durch Wind aufgrund des Fehlens schützender Bodenbedeckung, Hecken und Gehölze zunehmend wahrscheinlicher.

In der Anhörung „Zukunft der Wasserwirtschaft in Zeiten der Klimaerhitzung“ im Bayerischen Landtag sprach Prof. Auerswald (TU München) von einem landnutzungsgetriebenen Klimawandel. Dieser sei dafür verantwortlich, dass schon jetzt Phänomene auftreten, die nach den Klimaprojektionen erst ab 2050 auftreten sollten. Grund dafür sind die verminderte Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens durch Verdichtung in Folge zunehmender Maschinenlasten, sowie die Entwässerung der Agrarlandschaft.⁸³

Ein Hauptrisikogebiet für Erosion ist das Tertiärhügelland im Alpenvorland: „Hanglagen, leicht erodierbare Böden, die Dominanz des Ackerbaus, teils mit Sonderkulturen (Hopfen), dazu der verbreitete Maisanbau und ein meist geringer Grünlandanteil ergeben eine hohe Erosionsgefährdung“⁸⁴ (s. Abbildung 16).

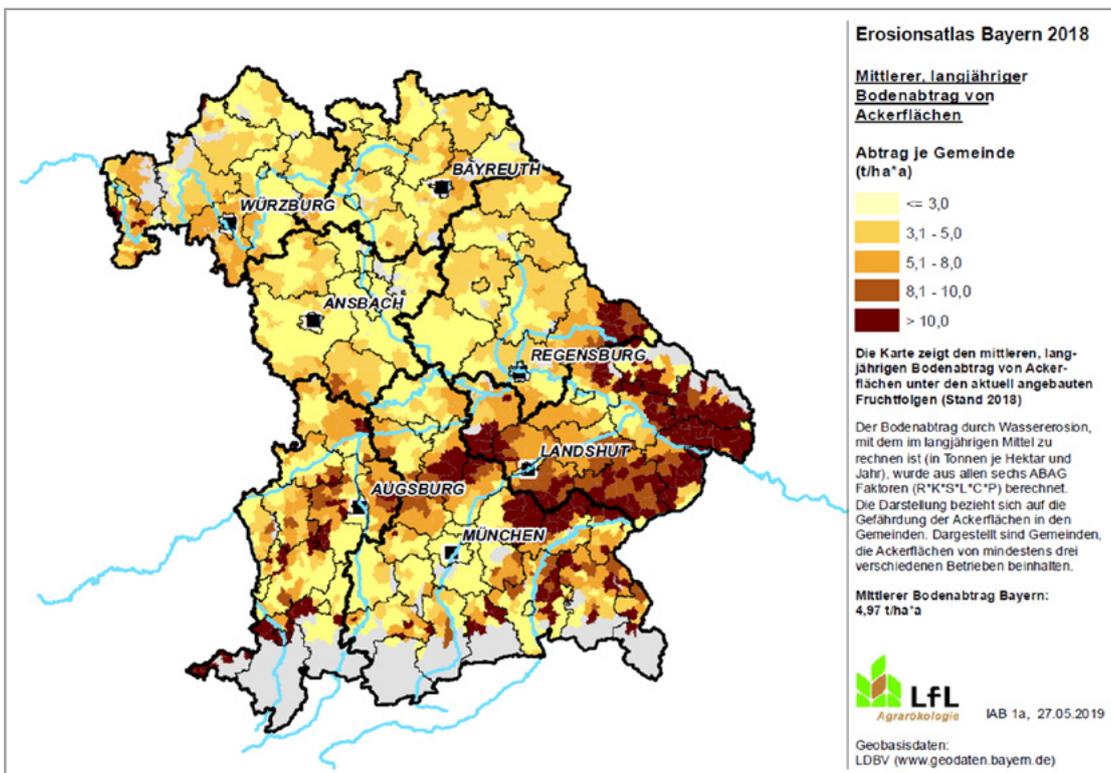


Abbildung 16: Mittlerer, langjähriger Bodenabtrag von Ackerflächen

Erklärung: Je dunkler die Flächen, desto stärker ist der mittlere, langjährige Bodenabtrag in der jeweiligen Gemeinde (Stand: 2018).

Quelle: LfL: <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/029288/>; Stand 14.03.2023.

Nicht nur für die Bodenfruchtbarkeit hat Erosion negative Folgen. Obendrein verfüllt der tonnenweise abgeschwemmte Oberboden ganze Gräben und Bäche. Die Bäche können nur noch einen Bruchteil des Wassers abführen, treten weitaus schneller über Ufer, überfluten große Bereiche und führen Unmengen Schlamm mit sich.

Festzuhalten bleibt: Erosionsbedingte Schäden durch Wasser sind irreversibel.⁸⁵ Eine detaillierte Studie zu den Auswirkungen der außergewöhnlichen Starkregenereignisse vom Mai/Juni 2016 hat die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) erstellt. Die Dokumentation zeigt anhand von Bildern und genauen Analysen die enormen Ausmaße der Schäden sehr gut auf. Besonders stark fielen sie bei konventionell bewirtschafteten Maisfeldern ohne Bodenbedeckung aus. Dabei wird deutlich, wie wichtig es ist, erosionsschützende Maßnahmen zu ergreifen, vor allem in Form einer durchgehenden Bodenbedeckung.⁸⁶ Von großer Bedeutung für den Erosionsschutz ist die Art und Weise der Bewirtschaftung. Beispielhaft dafür ist der ökologische Landbau, dessen Böden weit widerstandsfähiger gegen Trockenheit und Erosion sind.

Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall

In Mitteleuropa wird derzeit tendenziell von einer zunehmenden Relevanz wärmeliebender Schaderreger, und von einem abnehmenden Aufkommen feuchtigkeitsliebender Schaderreger ausgegangen.⁸⁷

Veränderungen in der Populationsdynamik sind zu erwarten durch die zunehmende Lebendüberwinterung von Schaderregern, durch die schnellere Entwicklung und Bildung zusätzlicher Generationen, und durch die Verlängerung der Vegetations- und Befallsaison. Es wird also zukünftig zu häufigeren und stärkeren Massenvermehrungen (Kalamitäten) von Schadinsekten kommen.

Veränderungen in der geografischen Verbreitung werden verstärkt beobachtet. Neue Arten wandern ein und etablieren sich. Damit einher geht oftmals die Verdrängung heimischer Arten.

Derzeit liegen die mitteleuropäischen Tagesdurchschnittstemperaturen im Sommer noch oft unter dem für viele tierische Schaderreger optimalen Bereich. Ein weiterer Temperaturanstieg wird daher voraussichtlich zu erhöhten Reproduktionsraten einiger Arten führen. Durch die milden Winter wird es vermehrt dazu kommen, dass auch ausgewachsene Individuen einer Population den Winter überleben. Infolgedessen ist mit einem früheren Befall der Kulturpflanzen in Folgejahren zu rechnen. Vor allem die Bedeutung besonders wärmeliebender Schaderreger, wie beispielsweise einige Arten von Spinnmilben, Schildläusen, Wicklern und Fadenwürmern (sog. Nematoden), wird zunehmen.

Ein Beispiel für einen Landwirtschaftsschädling in Bayern, der von milden Wintern profitiert, ist die Kirschessigfliege. Sie stellt für Obst- und Beerenanbau, besonders in Süddeutschland, ein Problem dar. Von der Klimaüberhitzung profitieren außerdem der Westliche Maiswurzelbohrer aus Südamerika, die Walnussfruchtfliege, der Apfelbaumwickler, der Kartoffelkäfer und der Maiszünsler. Letzterer verzeichnet besonders in Mittel- und Unterfranken eine stetige Zunahme.

4.3 Folgen für Forstwirtschaft

Klimabedingtes Waldsterben

Der Wald ist ein Leidtragender der Klimaüberhitzung. Hitze, Trockenheit, Schädlinge und Stürme werden künftig voraussichtlich deutlich häufiger und stärker auftreten und die Wälder in ihrer Substanz gefährden.⁸⁸ Gleichzeitig ist der Wald auch Hoffnungsträger im Kampf gegen die globale Erwärmung, denn jeder Kubikmeter Holz speichert ca. eine Tonne CO₂.⁸⁹

Allein 2018 bis 2022 fielen nach Angaben des Dachverbands der Waldeigentümer (AGDW) deutschlandweit nahezu 250 Millionen Festmeter (Kubikmeter) Schadholz an. Flächen von 450.000 Hektar sind beschädigt und müssten wiederaufgeforstet werden. Die Rede ist von einer „Jahrhundertkatastrophe in den Wäldern“.

Ähnlich wie in der Landwirtschaft entstehen auch hier enorme Kosten. Der forstwirtschaftliche Schaden in Deutschland aus den Jahren 2018 bis 2021 liegt laut AGDW bei etwa 15 Milliarden Euro.⁹⁰ Der Bund Deutscher Forstleute ging 2018 davon aus, dass nahezu 30 % der in den vorangegangenen drei Jahren (2015-2017) gepflanzten Bäume abgestorben sind.⁹¹ Im Zeitraum von 1984 bis 2016 haben sich die Flächen in Mitteleuropa, die von Baumsterben betroffen sind, verdoppelt.⁹²

Der durch die Klimaveränderungen hervorgerufene physiologische Stress schwächt die Abwehrkräfte der Bäume gegen äußere Einflüsse wie den Schädlingsbefall. Die jährlichen Waldzustandserhebungen geben einen Überblick über den Gesundheitszustand unserer Wälder. Ein wichtiger Indikator für die Vitalität der Bäume ist der Zustand der Baumkrone. Dieser wird durch den mittleren jährlichen Nadel- bzw. Blattverlust gemessen. Seit Beginn der Erhebung 1984 ist hier ein ansteigender Trend zu verzeichnen. Vier der fünf verlustreichsten Jahre waren 2019, 2020, 2021 und 2022 (s. Abbildung 17).

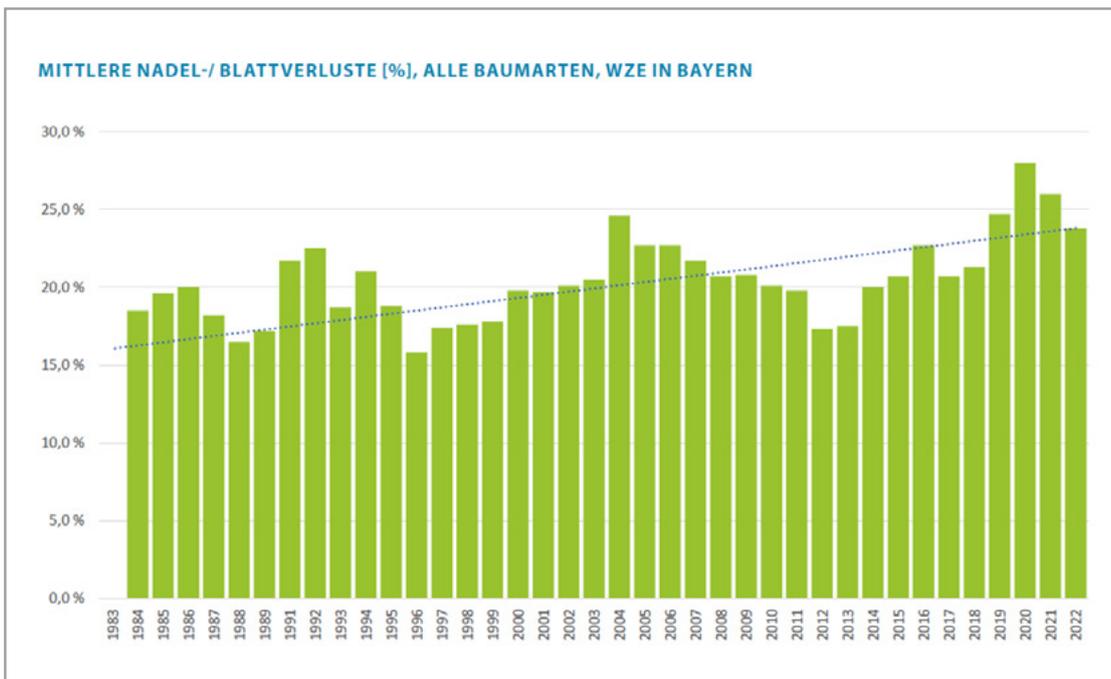


Abbildung 17: Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlusts aller Baumarten in Bayern seit 1984

Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher war im jeweiligen Jahr der mittlere Nadel- bzw. Blattverlust von Bäumen in Bayern. Die gestrichelte Linie zeigt den steigenden Trend an.

Quelle: StMELF (2023): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2022, S. 17.

Neben steigenden Temperaturen beeinflussen vor allem die abnehmenden Niederschläge die Vitalität der Bäume. Sinkende Niederschlagsmengen und längere Trockenperioden gefährden besonders die Waldbestände in den eigentlich niederschlagsreichen Regionen. Die Bäume können Störungen im Wasser- und Nährstofftransport entwickeln. Das führt dazu, dass Bäume im Trockenstress deutlich anfälliger für Schädlinge sind und weniger Holzzuwachs aufweisen.⁹³

Waldbrände und Stürme

Das Risiko von Waldbränden wird zukünftig steigen, da die Klimaüberhitzung zu mehr Extremwetterereignissen wie Trockenperioden und Blitzschlägen führt.⁹⁴ Seit etwa 2010 ruft der Deutsche Wetterdienst (DWD) deutlich häufiger als früher die beiden höchsten Waldbrand-Gefahrenstufen in Bayern aus (s. Abbildung 18). Auf ganz Deutschland geblickt, zerstörten Waldbrände allein 2022 knapp 4.300 Hektar Wald und Buschland (ca. 3.000 Fußballfelder). Für die Zukunft ist ein weiterer Anstieg zu erwarten. Katastrophenschutzdienste wie die Feuerwehren sind darauf teilweise noch unzureichend vorbereitet.⁹⁵

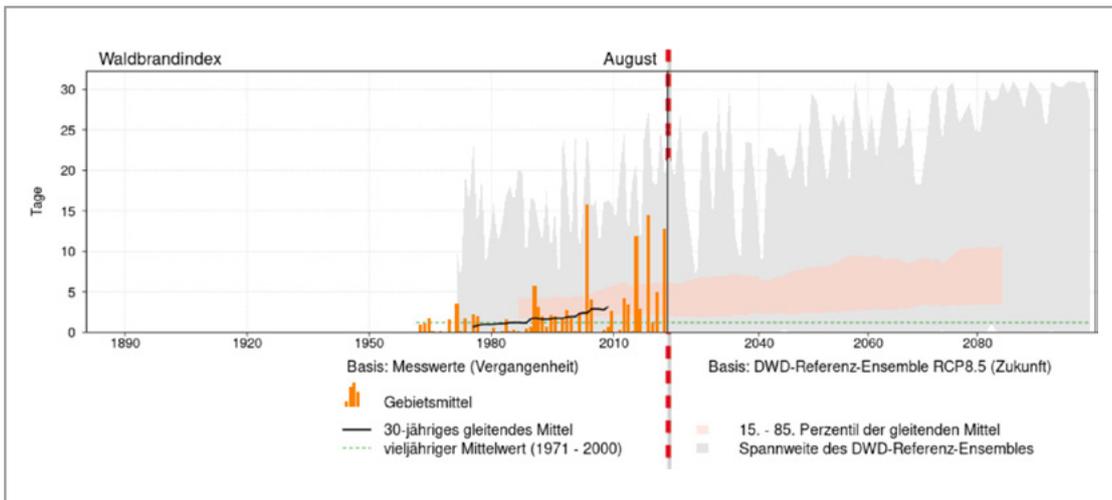


Abbildung 18: Häufigkeit der Waldbrandgefahr im August in Bayern (Vergangenheit und Zukunft)

Erklärung: Die orangen Säulen zeigen die Anzahl der Tage im August, an denen der DWD die beiden höchsten Waldbrand-Gefahrenstufen ausgerufen hat. Die grün gestrichelte Linie zeigt den Mittelwert der Referenzperiode 1971 bis 2000, der vor allem seit ca. 2010 häufig (weit) überschritten wird. Der blass-orange Korridor zeigt an, in welchem Bereich sich die Werte in Zukunft wohl bewegen werden, falls keine Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden (RCP8.5).

Quelle: DWD: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html; Stand: 08.03.2023.

Ähnliches gilt für Stürme. Auch sie treten mit der Klimaüberhitzung tendenziell häufiger auf und verursachen somit mehr Schäden. In den letzten Jahrzehnten litten Bayerns Wälder besonders unter den Orkanen Vivian und Wiebke (1990), Lothar (1999), Kyrill (2007), Emma (2008), Niklas (2015), Kolle (2017), Eberhard (2019) und Sabine (2020). Besonders betroffen waren in der Gesamtbilanz die Jahre 2015 mit 3,9 Mio. und 2020 mit 3,8 Mio. Erntefestmeter Schadholz, die allein aufgrund von Sturm und Wind anfielen (s. Abbildung 19).

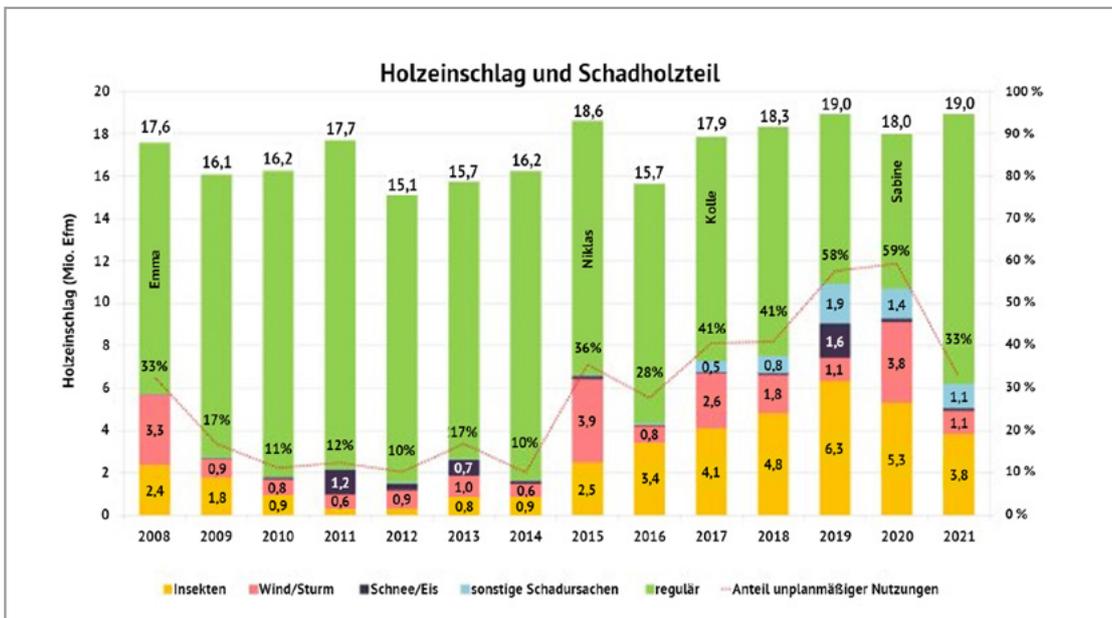


Abbildung 19: Holzeinschlag und Schlagholzanteil in Bayern, 2008 bis 2021

Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher war der Holzeinschlag im jeweiligen Jahr. Die Farben stehen für unterschiedliche Ursachen des Einschlags. Grün ist der reguläre Einschlag. Alle anderen Farben stehen für Einschlag aufgrund von Schadensursachen: gelb für Insekten, pink für Wind/Sturm, dunkelblau für Schnee/Eis und hellblau für Sonstige. In Jahren mit großen Stürmen war der Anteil an Holzeinschlag aufgrund von Wind/Sturm (pink) meist hoch (2008, 2015, 2017, 2020). Allgemein ist zu erkennen, dass der Anteil von regulärem Einschlag sinkt, während der Anteil von Einschlag aufgrund von Schadensursachen steigt.

Quelle: LWF: <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/holzmarkt/051095/index.php>; Stand 27.03.2023.

Natürliche Verbreitungsgebiete verschieben sich

Bei Klimaveränderungen verschieben sich die natürlichen Verbreitungsgebiete von Pflanzen, indem sie neue Areale durch Ausbreitung ihrer Samen erobern. Das Tempo dieser Wanderung ist bei Bäumen jedoch sehr, sehr langsam. So dauerte die Wiederbesiedlung von Lebensräumen nach der letzten Eiszeit in Mitteleuropa mehrere tausend Jahre – und sie hält noch immer an.

Die aktuell stattfindende Klimaüberhitzung geht 40-mal schneller vonstatten als die Temperaturänderungen nach der letzten Eiszeit.⁹⁶ So findet eine Arealverschiebung nordwärts und in höhere Lagen statt. Beispielsweise stirbt die Fichte in den tieferen Lagen (unter 700 Metern) großflächig ab.⁹⁷

Steigendes Anbaurisiko für bestimmte Baumarten

Viele Baumarten, die in Bayern verbreitet sind, werden mit den klimatischen Veränderungen nicht zurechtkommen. Dies ist bereits heute zu beobachten. Bedroht sind vor allem die reinen Nadelwälder. So ist ausgerechnet der „Brotbaum“ Fichte – mit einem Flächenanteil von über 40 % (Stand 2012) Bayerns wichtigste Baumart – besonders von der Klimaüberhitzung betroffen.⁹⁸ Die hohen Temperaturen in der Vegetationsperiode sowie die zunehmende Trockenheit setzen ihr stark zu.⁹⁹ Hinzu kommen klimawandelbedingte Gefährdungen der flachwurzelnden Baumart durch Stürme und durch Schädlinge wie den Borkenkäfer.¹⁰⁰ Folglich werden bis zum Jahr 2100 mehr als drei Viertel der bayerischen Waldfläche ein hohes oder sehr hohes Anbaurisiko für Fichten bergen (s. Abbildung 20). Auf diesen Flächen wird sie höchstens noch in (sehr) geringem Umfang als Beimischung mit anderen Nadel- und Laubbaumarten angebaut werden können.¹⁰¹

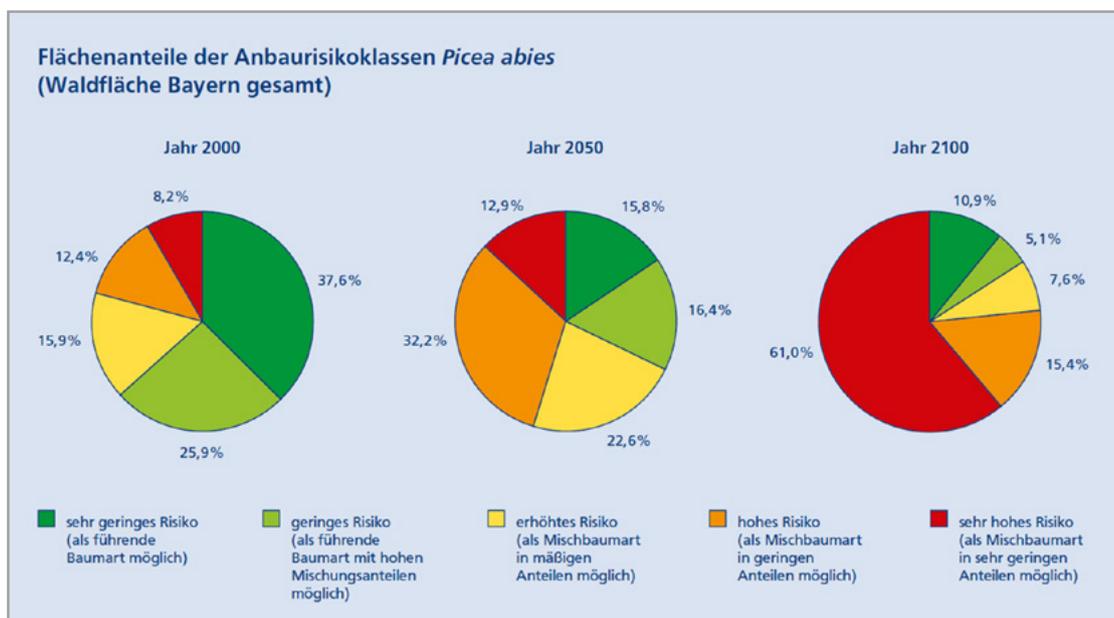


Abbildung 20: Entwicklung des Anbaurisikos der Fichte (*Picea abies*) in Bayern

Erklärung: Waldflächen, auf denen die Fichte mit (sehr) geringem Risiko angebaut werden kann (hell- und dunkelgrün), werden zurückgehen. Dagegen werden Waldflächen, auf denen die Fichte nur mit (sehr) hohem Risiko angebaut werden kann (rot und orange), insgesamt zunehmen.

Quelle: LWF (2017): Beiträge zur Fichte – Freising, S. 8.

Oft wurde die Douglasie als sehr zukunftsfähiger Nadelbaum und sogar als möglicher teilweiser Ersatz für die Fichte bezeichnet. Mittlerweile werden aber auch bei dieser Baumart größere Ausfälle beobachtet, die mit der Klimaüberhitzung zusammenhängen.¹⁰² Auch die Buche, Bayerns häufigste Laubbaumart, hat zunehmend mit Problemen zu kämpfen. Insbesondere in Unterfranken sind in den letzten Jahren immer wieder hohe Ausfälle und Schäden an Buchen aufgrund von Trockenheit festzustellen.¹⁰³

Schon in der jüngeren Vergangenheit häufen sich heiße, trockene und dürre Jahre – eine Tendenz, die sich in Zukunft weiter verschärfen wird (siehe **Kapitel 3**). Von Natur aus werden Bäume meist mehrere hundert Jahre alt. Auch wenn sie geerntet werden, geschieht dies meist erst nach etwa 80 bis 140 Jahren. Ein Baum muss daher nicht nur mit dem Klima zum Zeitpunkt seiner Pflanzung zurechtkommen, sondern auch mit dem Klima der fernen Zukunft. Die Wahl der richtigen Baumarten wird also sehr schwer. Eine Verteilung des Risikos durch den Anbau vieler unterschiedlicher Baumarten ist die beste Strategie. Das Anbaurisiko für einzelne Arten wird von der Landesanstalt für Forstwirtschaft untersucht.¹⁰⁴

Vor allem der Umbau der bestehenden reinen Nadelwaldbestände in klimatolerante Mischbestände ist konsequent zu verfolgen. Nur mit Hilfe von großflächiger Naturverjüngung kann die dringend benötigte Waldumbaufläche erreicht werden. Dazu ist es nötig, dass Baumarten wie die klimatolerantere Tanne oder Eiche ungehindert aufwachsen können. Das gelingt nur mit einem konsequenten Schalenwildmanagement.

In besonderem Maße trifft es einmal mehr den Alpenraum. Der Bergwald der Alpen bietet zusätzlich Schutz gegen Naturgefahren wie Lawinen, Steinschläge und Sturzfluten.¹⁰⁵ Da die Klimaerwärmung in den Alpen jedoch noch stärker zutage tritt als im Flachland, sind der Bergwald und damit auch seine Schutzwirkung in Gefahr. Laut der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA könnte die Waldgrenze „bis zum Jahr 2100 [...] bereits in konservativen Szenarien 400 Meter höher liegen“¹⁰⁶ (siehe **4.4 Folgen für Naturschutz und Biodiversität, Unterkapitel „Besonders stark trifft es die Alpen“**). Von CIPRA wurde schon im Jahr 2012 eine umfassende Studie zur Waldwirtschaft in Zeiten des Klimawandels erarbeitet. Sie fasst die Problematik und die nötigen Maßnahmen im Alpenraum zusammen.¹⁰⁷

Waldschädlinge und Krankheitserreger, die von der Klimaüberhitzung begünstigt werden

Höhere Temperaturen, Trockenheit und Dürre begünstigen viele Schädlinge und Krankheitserreger (Pathogene), die den ohnehin geschwächten Bäumen schwer zusetzen können. Einige davon seien hier beispielhaft genannt.

- **Eichenprozessionsspinner:** Die insbesondere in mediterranen Regionen beheimateten Prozessionsspinner konnten bereits seit Anfang des Jahrhunderts ihr Verbreitungsgebiet stark erweitern. Festzustellen ist dies besonders in den warm-trockenen Regionen in Nordbayern mit Befallsgebieten vor allem in Franken, aber auch in Teilen Schwabens. Da auch zahlreiche andere Tierarten wie Schwammspinner und Wicklerarten von steigenden Temperaturen profitieren, werden viele Wälder zukünftig stärker ausgelichtet sein. Erstaunlich ist hier die Widerstandsfähigkeit der Eiche. In den Jahren 2018 und 2019 gingen die Mortalitätsraten trotz mehrfachen Kahlfraßes gegen Null. Eine Bekämpfung mit Insektiziden ist deshalb abzulehnen, da das Ökosystem hierdurch zusätzlich geschwächt wird.

- **Zweipunkt-Eichenprachtkäfer:** Der Zweipunkt-Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) tritt als Sekundärart bei Vorschädigungen von Eichen infolge von Trockenheit, Schmetterlingsgradationen oder zu starken Freistellungen lokal gehäuft auf. Die letztendliche Ursache für die Mortalität von Einzelbäumen ist bisher jedoch ungenügend erforscht. An den Eichen leben auch 16 weitere, zum Teil hochgradig gefährdete Prachtkäferarten. Eine überzogene „saubere Forstwirtschaft“ gefährdet hier nicht nur diese Prachtkäferarten, sondern die gesamte Vielfalt der Eichenfauna.
- **Borkenkäfer:** Bei warmem Frühling setzt der Schwarmflug des Borkenkäfers zwei Wochen früher ein. In warmen Jahren können sich so zusätzliche Generationen an Schadinsekten entwickeln. Intensivere Befälle im Bergwald bis zur Baumgrenze sind zu erwarten. Dem Buchdrucker (Art der Borkenkäfer) steht mehr Zeit für Bruten bis in den Spätsommer zur Verfügung (s. Abbildung 21). Die Ausbildung einer dritten Generation und mehrerer Geschwisterbruten ist somit möglich¹⁰⁸, was die Ausbreitung des Baumschädling vervielfacht (s. Abbildung 22). Bei wärmeren Temperaturen beschleunigt sich zudem die Brutentwicklung des Buchendruckers. Die schnellsten Entwicklungen konnten in den beiden heißesten Jahren in Bayern (2018 und 2022) festgestellt werden.¹⁰⁹
- **Bodenpilze:** Durch die Niederschlagsumverteilung hervorgerufene Austrocknung und Staunässe führen verstärkt zum Absterben von Feinstwurzeln und ermöglichen Bodenpilzen ein Eindringen in die Stämme von Bäumen. In diesem Zusammenhang wird besonders der Hallimasch als Bedrohung genannt, dessen Fruchtkörper nach Sommertrockenheit in den letzten Jahren verstärkt auftraten.
- Auch Ulmen- und Eschentriebsterben werden durch **Pilzerreger** ausgelöst und von der Klimaüberhitzung begünstigt und verschärft.¹¹⁰

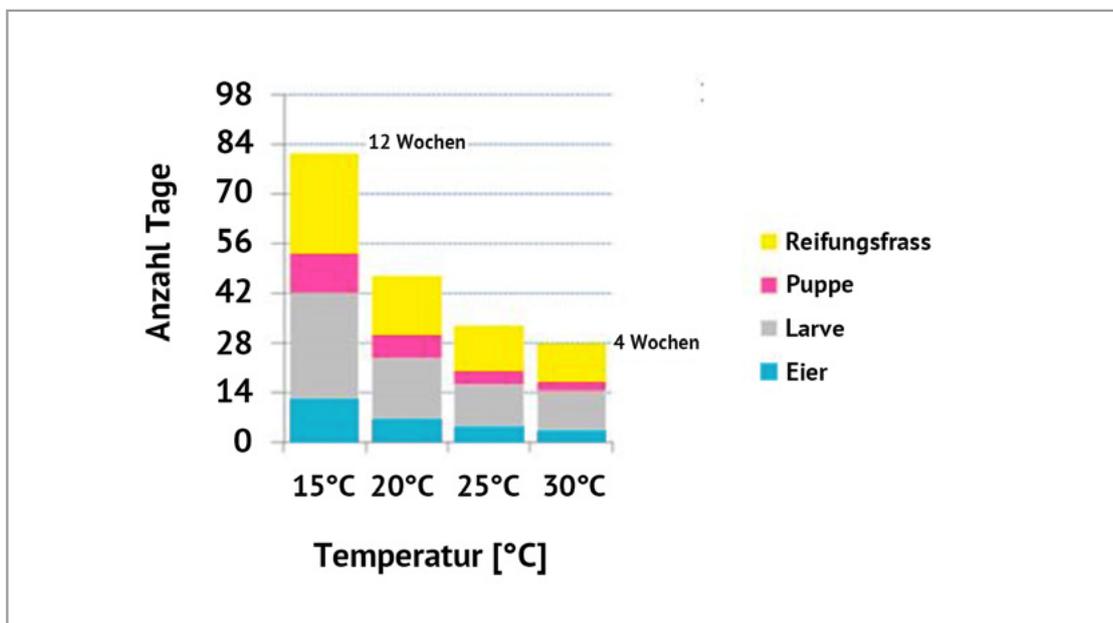


Abbildung 21: Brutentwicklung des Buchdruckers nach Temperatur

Erklärung: Je höher die Temperaturen, desto schneller geht die Brutentwicklung des Buchdruckers (aus der Unterfamilie der Borkenkäfer) vonstatten. Bei Temperaturen von 30°C ist die Entwicklungsgeschwindigkeit fast dreimal so hoch wie bei Temperaturen von 15°C.

Quelle: LWF: <https://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/277015/index.php>; Stand 28.03.2023.

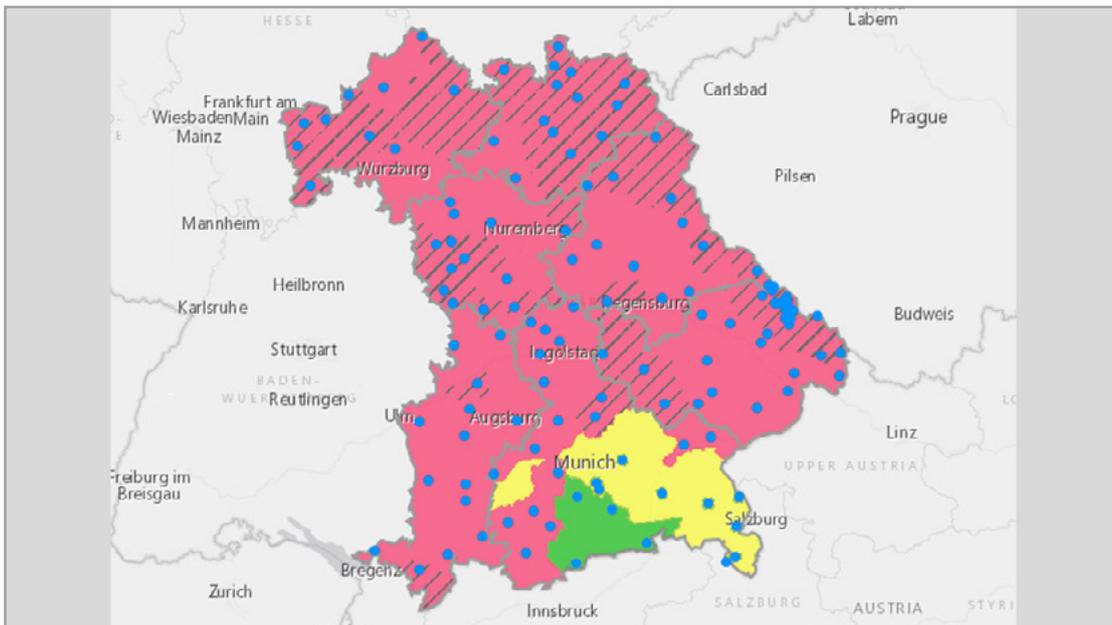


Abbildung 22: Gefährdungslage Buchdrucker in Bayern, Stand 30.09.2022 (Ende der Schwärmzeit)
 Erklärung: Grüne Flächen stehen für keine Gefahrenstufe, gelbe Flächen für Warnstufe, rote Flächen für Gefährdungsstufe. Bei zusätzlicher blauer Schraffur herrscht akuter Stehendbefall.
 Quelle: LWF: <https://www.fovgis.bayern.de/borki/>; Stand 28.03.2023.

4.4 Folgen für Naturschutz und Biodiversität

Die Klimaüberhitzung zwingt viele Arten, ihre Verbreitungsgebiete in klimatisch besser geeignete Regionen zu verlagern, und das in vergleichsweise kurzen Zeiträumen. Dies kann sogar für weit verbreitete Arten gelten, zum Beispiel für Baumarten mit langen Lebenszyklen oder für andere Arten, die nur sehr langsam wandern können. Damit einher geht für die bisher heimischen Arten ein Verlust an Lebensraum, denn ihre Verbreitungsgebiete verlagern sich nordwärts und bergauf. Für Insekten konnte nachgewiesen werden, dass der Bestand wärmeliebender Arten in Bayern zunimmt, während der Bestand kälteliebender Arten sinkt.¹¹¹ Wechselwarme Tierarten (Insekten, Fische, Amphibien, Reptilien) können sich schlechter an Veränderungen des Klimas anpassen als Säugetiere und Vögel.¹¹²

Die jahreszeitlichen Temperaturänderungen haben auch Einfluss auf die Lebenszyklen der Lebewesen. Fortpflanzung und Wanderungen verschieben sich. Es kommt zu einer Auflösung zeitlicher und räumlicher Beziehungsgefüge mit anderen Arten (z. B. Räuber/Beute; Blütenbestäubung). Die gewohnte Nahrungsgrundlage für viele Arten ändert sich und wird reduziert. Ganze Ökosysteme werden in ihrer Artenzusammensetzung und Struktur Änderungen erfahren und destabilisiert.¹¹³

Moore, sensible Arten und Ökosysteme

Durch die Klimaüberhitzung wird es zu einer zusätzlichen Belastung für sensible Arten und Ökosysteme kommen, insbesondere in den Naturräumen der Alpen, den höheren Lagen der Mittelgebirge sowie in Feuchtgebieten, Mooren und Talauen.

Besonders verschärft wird sich die Situation seltener Arten in Bayern, die auf kalte oder feuchte Sonderstandorte angewiesen sind und bei Erwärmung und zeitweiser Austrocknung dieser Lebensräume keine Ausweichmöglichkeiten haben. Häufig besteht die einzige Chance zur Erhaltung dieser Arten in der (soweit möglichen) Optimierung ihrer momentanen Lebensräume. Für einige andere Pflanzen und Tiere gäbe es zwar besser geeignete Gebiete, diese sind aufgrund von Ausbreitungshemmnissen (Straßen, Flüssen, etc.) aber oft nicht erreichbar.

Kälteliebende Pflanzen, wie zum Beispiel viele der Eiszeitrelikte¹¹⁴, werden in unseren Breiten zurückgehen oder (lokal) aussterben.¹¹⁵ Dabei kommt Bayern eine besondere Verantwortung bei der Erhaltung endemischer und subendemischer Arten zu (Arten, die nur oder fast nur in räumlich begrenzten Lebensräumen vorkommen).

Gerade der Schutz von Mooren ist von herausragender Bedeutung. Zum einen sind sie unser vielleicht wichtigster Verbündeter im Kampf gegen die Klimaüberhitzung. Moore speichern 30 % des weltweiten Bodenkohlenstoffs, doppelt so viel wie die Wälder. Zum anderen sind sie Lebens- und Rückzugsräume vieler seltener Arten. Problematisch ist, dass in Bayern über 95 % der Moore entwässert, d. h. in ihrem Wasserhaushalt mehr oder weniger gestört sind.¹¹⁶ Damit können sie ihre Rolle als Treibhausgas-Speicher nicht erfüllen, sondern stoßen im Gegenteil sogar Treibhausgase aus. Aufgrund des schlechten Zustands der Moore sind viele der dort lebenden Arten gefährdet, isoliert, und reagieren besonders empfindlich auf klimatische und hydrologische Veränderungen. Mehr dazu ist nachzulesen im Konzept "Unser Moor" der Grünen Fraktion Bayern.¹¹⁷

Gravierende Auswirkungen auf die Alpen

Bereits eine Temperaturerhöhung von 1°C im Gebirge führt zu einer Verschiebung der Vegetationszone um 200 Höhenmeter.¹¹⁸ So steigt in den Alpen mit der Klimaüberhitzung die Waldgrenze stetig, obwohl in Bayern vielerorts die Almwirtschaft die Ausbreitung des Gebirgswalds in höhere Lagen zu verhindern versucht.

Die Verschiebung der Vegetationszonen kann im Alpenraum die Verdrängung von seltenen Hochgebirgsarten zur Folge haben und sich negativ auf die Biodiversität auswirken. Pflanzen, denen es in tieferen Lagen zu warm wird, müssen immer höhere Etagen besiedeln, verdrängen dort aber wieder andere. Insbesondere die sehr kältetoleranten Hochgebirgsarten sind gefährdet, von weit verbreiteten, höher wandernden Gebirgsarten verdrängt zu werden oder nicht ausreichend passenden Lebensraum vorzufinden. Vielen von ihnen könnte es zu warm werden, und die steileren Hänge in höheren Lagen sind als Untergrund oft nicht geeignet. Aktuell sind die Arten zwar noch zu finden, aber ihre Lebensumstände sind bereits suboptimal, sodass mit einem verzögerten Aussterben zu rechnen ist.¹¹⁹

Hochrechnungen zufolge könnten aus diesen Gründen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts 60 % der alpinen Blütenpflanzen in den europäischen Alpen aussterben.¹²⁰ Ein Beispiel dafür ist das Stängellose Leimkraut (*Silene acaulis*), das erst ab 1.500 Metern Höhe wächst. Bei anhaltender Erwärmung ist ein Ausweichen in höhere Lagen kaum möglich. Des Weiteren fallen darunter auch Relikte aus der Eiszeit, so etwa der in Deutschland mittlerweile ausgestorbene Moor-Steinbrech.¹²¹

Veränderungen in der Artenvielfalt und Zusammensetzung

Im Zuge der Klimaüberhitzung werden viele Arten seltener oder sterben aus. Andere Arten hingegen können einwandern und sich ausbreiten. Insgesamt ist ein dramatischer Verlust der Artenvielfalt zu beobachten und auch für die Zukunft abzusehen. Dabei ist genetische Vielfalt überlebenswichtig, um sich den verändernden Umweltbedingungen anzupassen.¹²² Im Zuge der Aktualisierung der Roten Listen wurden seit 2016 bislang (Stand 2023) 2.973 Tierarten untersucht. Davon sind 50,8 % unterschiedlich stark gefährdet oder schon ausgestorben.¹²³ Die klimatischen Veränderungen sind hierfür nicht der einzige, aber ein wichtiger Grund. Zu ähnlich alarmierenden Ergebnissen kommt eine Studie, die 2.700 Insektenarten in Brandenburg, Thüringen und Baden-Württemberg untersuchte. In den zehn Jahren von 2008 bis 2017 ging die Anzahl dieser Arten um ein Drittel zurück.¹²⁴

Ein Beispiel für die Ansiedlung neuer Arten ist der Asiatische Marienkäfer. Kurz nach der Jahrtausendwende breitete er sich innerhalb weniger Jahre fast flächendeckend aus, und ist mittlerweile in vielen Gebieten die häufigste Marienkäferart.¹²⁵

Ständig gelangen neue Arten aus weit entfernten Regionen und Ökosystemen nach Deutschland und Bayern, mal als Passagiere des globalisierten Welthandels und Tourismus, mal als Zierpflanzen sowie Nutz- oder Haustiere. Arten, die seit 1492 in Europa eingeführt wurden, nennt man Neobiota. Pflanzliche Neobiota heißen Neophyten, tierische Neobiota heißen Neozoen.¹²⁶ Finden sie hier passende Lebensbedingungen vor, können diese Arten Bestände in freier Wildbahn etablieren und sich vermehren. Die Mehrzahl der eingeschleppten Arten wird hierzulande durch die steigenden Temperaturen und milderen Winter in ihrer Ausbreitung begünstigt.¹²⁷

Zudem haben sie in Bayern oftmals vorerst keine natürlichen Gegenspieler und breiten sich daher anfänglich sehr schnell aus. Sie können heimische Arten verdrängen, weil sie konkurrenzstärker sind oder ihnen als zusätzliche Fraßfeinde zusetzen. Oftmals betrifft dies jene heimischen Arten, die aufgrund anderer Ursachen ohnehin bereits gefährdet sind. Neobiota, die ein Gefährdungspotenzial für die regionale biologische Vielfalt bergen, werden als invasiv bezeichnet. Von den rund 900 neobiotischen Arten in Deutschland gelten etwa 10 % als invasiv.¹²⁸

Aktuell leben viele wärmeliebende Neozoen nur in menschlichen Ballungsräumen oder in Abschnitten von Fließgewässern, die durch menschliche Einflüsse erwärmt wurden. Diese Bindung wird sich mit dem Fortschreiten der Klimaüberhitzung wohl zusehends auflösen. Auch in ländliche Regionen werden sich die eingeschleppten Arten ausbreiten.¹²⁹

Ein Beispiel hierfür ist die aus Asien stammende Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*). Anfangs wurde sie vor allem in jenen Bereichen von großen Fließgewässern gefunden, wo Kühlwasser aus Kraftwerken eingeleitet wurde und das Wasser daher besonders warm war. Jedoch konnte sie ihren Reproduktionserfolg durch die in den letzten Jahren erfolgte Wassererwärmung signifikant erhöhen. Aufgrund der extremen Ansammlungen von bis zu mehreren tausend Muscheln pro Quadratmeter werden andere Arten mangels Nahrungsgrundlage und Lebensraum verdrängt. Die Körbchenmuschel fällt also in die Kategorie invasiver Neobiota.¹³⁰

Manche der klimawandelbegünstigten Neophyten können auch Gefahren für die menschliche Gesundheit bergen. Beispielsweise kann bei Kontakt mit dem Riesen-Bärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) die Haut geschädigt werden und so bei Sonneneinstrahlung schwere Verbrennungen erleiden. Ein weiteres Beispiel ist die Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), die starke allergische Reaktionen hervorrufen kann.¹³¹ (siehe **4.5 Folgen für die menschliche Gesundheit**)

Die folgende Abbildung 23 zeigt die Eignung deutscher Gebiete für die Ausbreitung von 30 ausgewählten, besonders problematischen neobiotischen Pflanzen. Wie deutlich zu erkennen ist, würde bzw. wird die Klimaüberhitzung diese Arten in ihrer Ausbreitung massiv begünstigen.

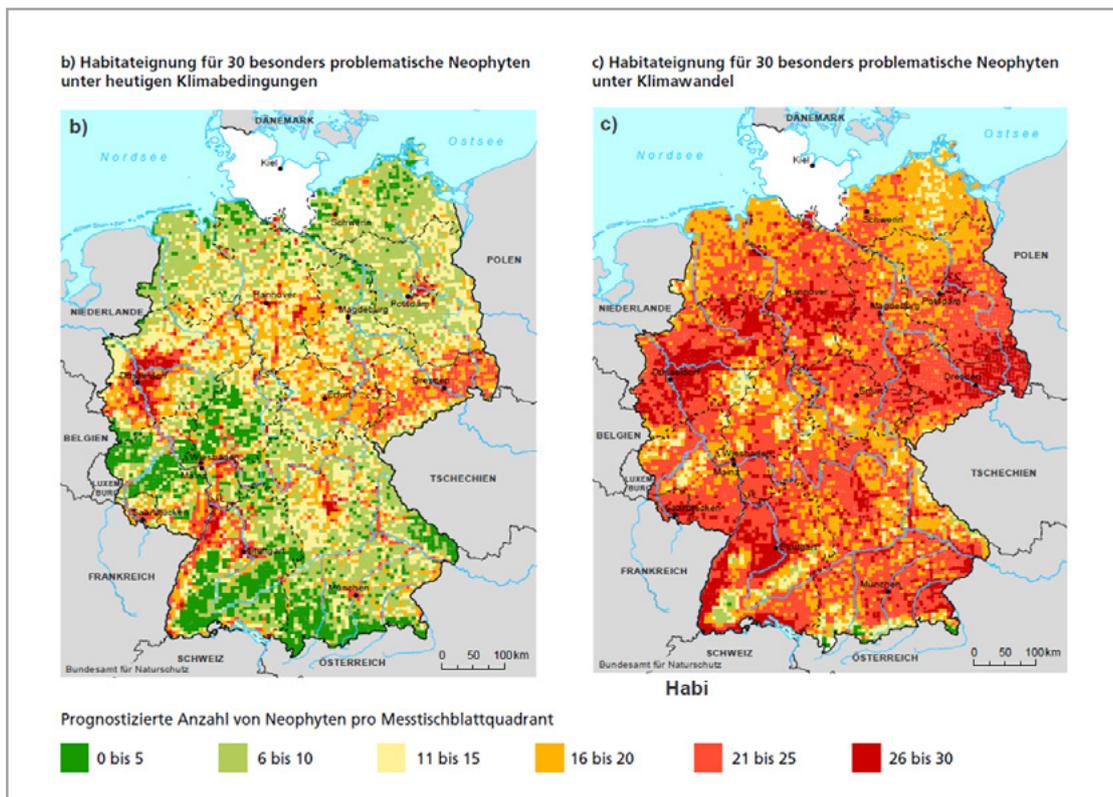


Abbildung 23: Habitategnung für 30 besonders problematische Neophyten in Deutschland: heutiges Klima vs. Klimawandel
 Erklärung: Je dunkelroter die Fläche, desto mehr Neophyten sind zu erwarten. Links ist die Situation unter heutigen Klimabedingungen dargestellt. Rechts dargestellt ist die zu erwartende Situation für 2051 bis 2060 bei einem Temperaturanstieg um 1,2°C bis 2,9°C (Szenario A1, IPCC 2000), gemittelt über drei Modellierungsmodele. Deutlich wird, dass die Anzahl von Neophyten im Zuge des Klimawandels stark steigen wird.
 Quelle: BfN: <https://www.bfn.de/daten-und-fakten/verbreitungszentren-von-neophyten-gebietsfremde-pflanzenarten-deutschland-aktuell>;
 Stand 04.04.2023.

Biodiversität in Gewässern

Wie bereits unter **4.1 Folgen für die Wasserwirtschaft** erläutert, erwärmen sich die bayerischen Oberflächen-gewässer. Außerdem häufen sich Extremereignisse wie Hochwasser und Trockenheit. Diese verursachen höhere Sedimentfrachten, geringere Abflüsse im Sommer und Nährstoffbelastung (Eutrophierung). Letztere wiederum begünstigt das Pflanzenwachstum, wodurch es zu starker Verkrautung der Gewässer kommen kann. All diese Faktoren mindern die Gewässerqualität. Für Fische und andere Lebewesen im Wasser hat dies vielfältige negative Auswirkungen. So kann der sinkende Sauerstoffgehalt des Wassers zu Stress oder gar zum Erstickungstod führen.¹³² Die Wassererwärmung kann Wachstum und Reproduktion von Fischen beeinträchtigen und ihre Anfälligkeit für Krankheiten erhöhen.¹³³ Darüber hinaus können die steigenden Wassertemperaturen „sich zu einer thermischen Barriere für wandernde Fischarten (z. B. Lachs, Meerforelle, Maifisch) entwickeln“¹³⁴. Kälteliebende Arten müssen sich in immer höhere, noch kalte Gewässerabschnitte zurückziehen und verlieren dabei Lebensraum. Dafür breiten sich wärme-liebende Arten in den unteren Flussregionen aus, unter ihnen zunehmend auch viele Neobiota.¹³⁵ Dies gilt insbesondere für Bäche und kleine Flüsse der Kalkalpen, die eine hohe Anzahl an endemischen, kälteliebenden Arten aufweisen und daher von besonderem naturschutzfachlichem Wert sind. Die obendrein niedrigen Wasserstände können dafür sorgen, dass besondere Lebensräume (z. B. Laichplätze in den Auen) nicht mehr erreichbar sind.¹³⁶

Aber auch Menschen können negativ beeinträchtigt werden. Da Flüsse Vorfluter für stehende Gewässer sind, werden sich die oben genannten Mangelzustände der Fließgewässer auch zusehends auf unsere Badegewässer auswirken. Noch befinden sich (Stand Juni 2022) 92 % der bayerischen Badegewässer in „ausgezeichnetem“ und weitere 5,6 % in „sehr gutem“ Zustand.¹³⁷ Jedoch ist davon auszugehen, dass die Qualität in Zukunft aufgrund der Klimaüberhitzung abnehmen wird.

Schädliche Sedimentfrachten und Nährstoffbelastung werden direkt von Flüssen an die Seen weitergegeben. Zudem werden sich die Seen aufgrund der höheren Lufttemperatur schneller und intensiver aufheizen. Die erhöhte Wassertemperatur fördert in Verbindung mit der überhöhten Nährstoffkonzentration das Wachstum von potenziell gefährlichen Bakterien. Insbesondere zu nennen sind in diesem Zusammenhang erneut (siehe **4.1 Folgen für die Wasserwirtschaft**) die Cyanobakterien (Blaualgen). Diese können für Menschen zu gesundheitlichen Schäden und für Hunde sogar zum Tod führen. Immer wieder wurden in den letzten Jahren aufgrund der Blaualge für einzelne bayerische Seen Badewarnungen oder -verbote ausgesprochen.¹³⁸

4.5 Folgen für die menschliche Gesundheit

Gesundheitliche Gefahren durch Hitze

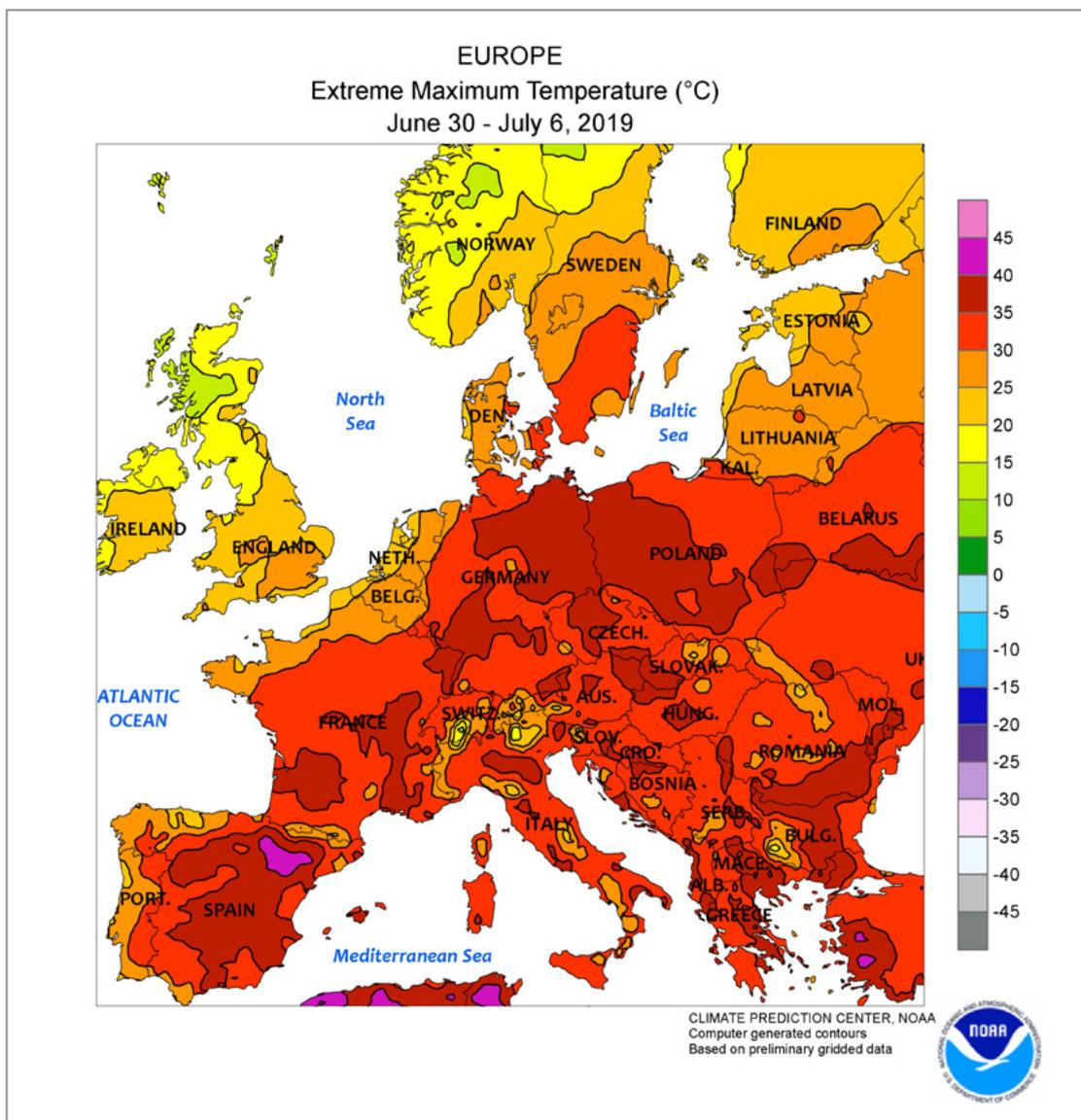


Abbildung 24: Maximaltemperaturen der Woche 30. Juni bis 6. Juli 2019 in Europa

Erklärung: Je dunkelroter die Färbung, desto höher waren die Maximaltemperaturen in den jeweiligen Teilen Europas in der Woche vom 30. Juni bis 6. Juli 2019. Diese Woche wurde als Beispiel für eine besonders starke Hitzewelle ausgewählt.

Quelle: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/JAWF_Monitoring/Europe/index.shtml; Stand 15.07.2019.

Bestimmte Krankheiten und sonstige Gefahren für die menschliche Gesundheit kommen durch die Klimaüberhitzung erstmals bei uns an oder verschärfen sich. Dies ist in Abbildung 25 deutlich an den zunehmenden Krankenhausbehandlungen wegen Hitze zu erkennen. An erster Stelle zu nennen sind die Zunahmen von hitzebedingten Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Nieren, der Atemwege, sowie von Stoffwechselerkrankungen im Sommer (siehe **4.6 Klimafolgen in Städten und Ballungszentren**). Als gefährdet gelten vor allem Alte, chronisch kranke Personen, Pflegebedürftige, Kinder und Menschen in Außenberufen. Einrichtungen wie Krankenhäuser, Pflegeheime, Kitas und Schulen sind auch baulich oft nicht auf die Herausforderungen durch große Hitze vorbereitet, weil ihnen die Möglichkeiten fehlen, die Räume kühl zu halten (z. B. Markisen, Rollläden, Klimaanlage).

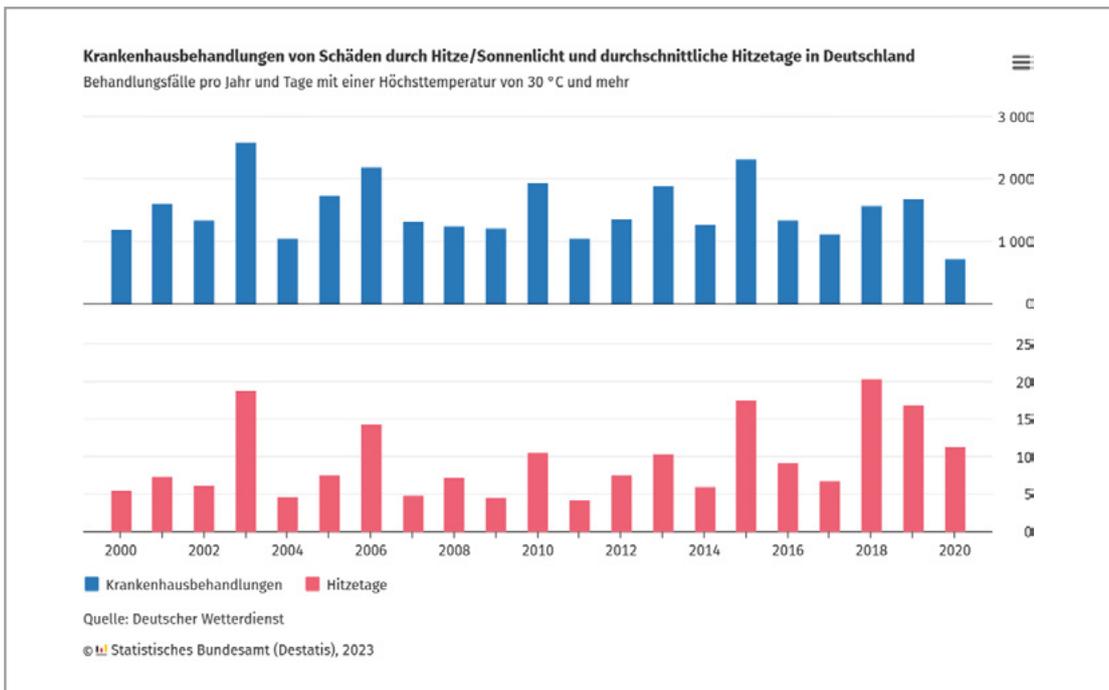


Abbildung 25: Krankenhausbehandlungen wegen Hitze/Sonnenlicht (oben) und Hitzetage in Deutschland (unten), 2000 bis 2020
Erklärung: Oben abgebildet ist die Zahl der Krankenhausbehandlungen von Schäden durch Hitze/Sonnenlicht pro Jahr. Unten abgebildet ist die durchschnittliche Zahl der Hitzetage pro Jahr in Deutschland. Deutlich zu sehen ist, dass in Jahren mit vielen Hitzetagen meist auch entsprechend viele Krankenhausbehandlungen stattfinden.
Quelle: DESTATIS: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/04/PD22_N018_231.html; Stand 24.04.2023.

Laut einer Studie von "The Lancet" stieg die jährliche Zahl der Hitzetoten vom Zeitraum 2000-2004 bis zum Zeitraum 2017-2021 unter älteren Menschen (über 65 Jahre) global um erschreckende 68 %.¹³⁹ Eine weitere "Lancet"-Studie zählt allein für das Jahr 2018 weltweit 296.000 Hitzetote. Deutschland lag laut dieser Studie mit 20.200 Todesfällen auf Platz Drei, hinter den beiden bevölkerungsreichsten Staaten der Erde, China und Indien.¹⁴⁰ Eine dritte Studie zeigt, dass längere Hitzeperioden besonders gefährlich sind. Ab einer mittleren Wochentemperatur von 20°C steigen die Todeszahlen merklich, besonders unter älteren Menschen. Solche heißen Wochen sind immer häufiger zu beobachten – und „dieser Trend wird sich vermutlich im Zuge des anthropogenen Klimawandels weiter fortsetzen und eventuell noch verschärfen“¹⁴¹. Forscher*innen fanden heraus, dass 37 % aller hitzebedingten Todesfälle (im Mittel von 43 untersuchten Ländern) auf den menschengemachten Klimawandel zurückzuführen sind.¹⁴²

Darüber hinaus führt die Klimaüberhitzung zu mehr Sonnentagen, und damit zu einer intensiveren Belastung mit UV-Strahlung.¹⁴³ Diese kann bei Menschen nachhaltige Schäden an den Augen (Grauer Star) oder an der Haut (vorzeitige Hautalterung, Hautkrebs) verursachen.¹⁴⁴ Im Jahr 2021 forderte Hautkrebs in Deutschland etwa 4.100 Todesopfer, dies sind 55 % mehr als noch im Jahr 2001. Im gleichen Zeitraum stieg die Zahl der stationären Hautkrebsbehandlungen sogar um 75 % (s. Abbildung 26).¹⁴⁵ Für die Zukunft wird eine weitere deutliche Zunahme erwartet.¹⁴⁶

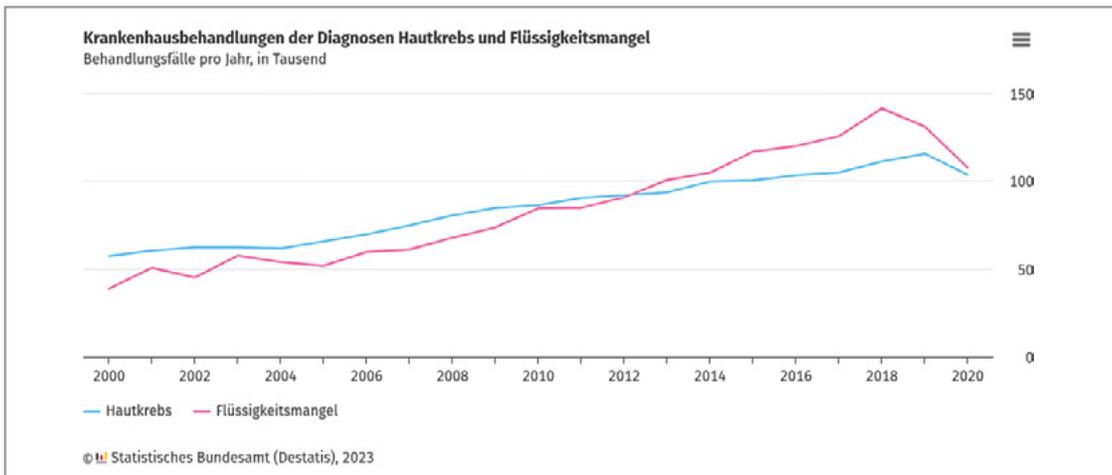


Abbildung 26: Krankenhausbehandlungen wegen Hautkrebs & Flüssigkeitsmangel, 2000 bis 2020

Erklärung: Die blaue Linie stellt die Zahl der Krankenhausbehandlungen mit der Diagnose Hautkrebs pro Jahr dar. Die magentafarbene Linie stellt die Zahl der Krankenhausbehandlungen mit der Diagnose Flüssigkeitsmangel pro Jahr dar. Beide zeigen im Trend des betrachteten Zeitraums 2000 bis 2020 eine klare Zunahme. Bei den Behandlungen aufgrund von Flüssigkeitsmangel zeigt sich im besonders heißen Jahr 2018 ein vorläufiger Höhepunkt.
Quelle: DESTATIS: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/04/PD22_N018_231.html; Stand 24.04.2023.

Nicht zuletzt werden viele Arten von Naturkatastrophen durch den Klimawandel begünstigt. Hierzu zählen potenziell auch in Bayern Starkregenereignisse mit Sturzfluten und Hochwasser, Stürme, Waldbrände, Schneekatastrophen, oder in den Bergen Lawinen und Steinschläge. Immer wieder werden durch derartige Ereignisse Menschen verletzt oder gar getötet.¹⁴⁷ Einsatzkräfte im Katastrophendienst werden durch die sich häufenden Einsätze höheren gesundheitlichen Risiken ausgesetzt.¹⁴⁸

Gesundheitliche Gefahren durch Krankheitserreger

Auch die Belastung durch Allergene nimmt zu. Die Pollenflugsaison verlängert sich und beginnt schon früher im Jahr. Verschärft wird dies durch die Verbreitung wärmeliebender Neophyten. Dabei ist vor allem die stark allergene Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) zu nennen, die mit ihrem späten Pollenflug die Belastungsphase für Allergiker*innen verlängert und Kreuzallergien auslöst (s. Abbildung 27).¹⁴⁹

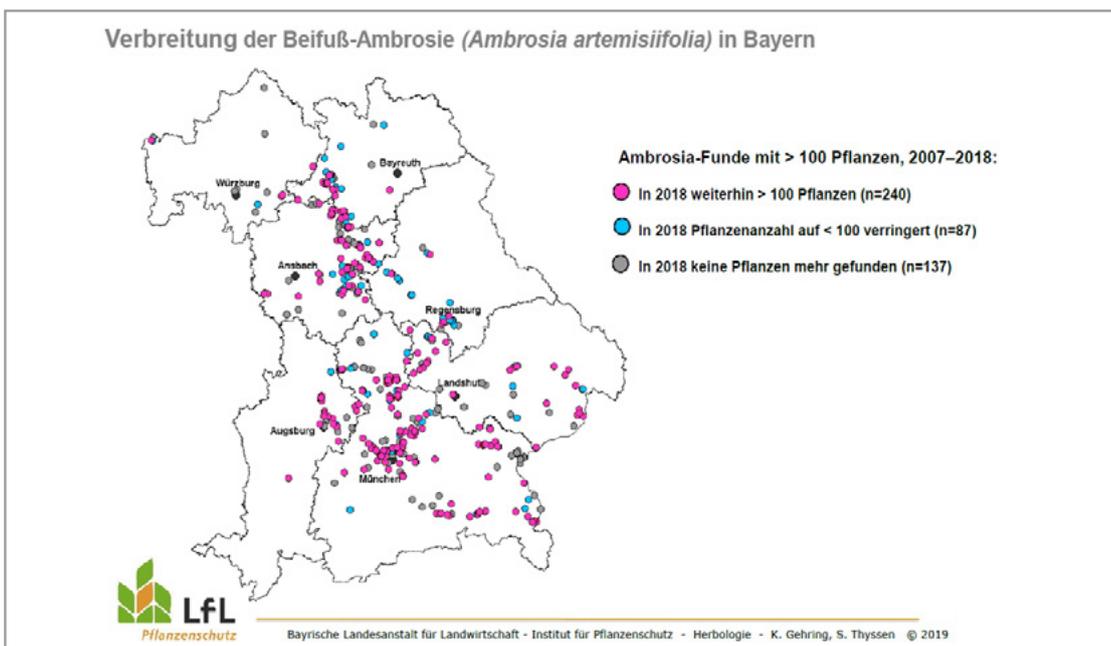


Abbildung 27: Verbreitung der Beifuß-Ambrosie in Bayern, 2007 bis 2018

Erklärung: Die Punkte zeigen Standorte, an denen seit 2007 mehr als 100 Exemplare der Beifuß-Ambrosie gefunden wurden. Im jüngsten untersuchten Jahr (2018) waren an roten Standorten noch immer mehr als 100 Exemplare vorhanden, an blauen Standorten waren sie auf unter 100 zurückgegangen, und an grauen Standorten ganz verschwunden.

Quelle: LfL (2019): Verbreitung der Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) in Bayern, S. 3.

Wärmeliebende Krankheitsüberträger profitieren vom Klimawandel. Zecken beispielsweise können durch die Veränderungen der Temperaturen und der Luftfeuchtigkeit länger im Jahr aktiv sein und besser überwintern. Dies kann zu einer Zunahme der FSME- und Borreliose-Erkrankungen führen. Auch Stechmücken können sich durch mildere Winter und häufigere Extremwetterereignisse besser ausbreiten und ihre Krankheitserreger leichter übertragen.¹⁵⁰ Darüber hinaus etablieren sich auch Neozoen wie die Sandmücke (überträgt Leishmaniose) und die Asiatische Tigermücke (überträgt Dengue- und Gelbfieber), was zum häufigeren Auftreten neuer Erkrankungen führen kann.¹⁵¹

Selbst solche Krankheitsüberträger, die nicht direkt von den steigenden Temperaturen profitieren, können infolge der Klimaüberhitzung für den Menschen noch gefährlicher werden. Dies zeigt sich am Beispiel der Rötelmaus, die Hantaviren überträgt.¹⁵² Diese können zu Fieber, Kopf- und Gliederschmerzen, Übelkeit, und gar zu Nierenfunktionsstörungen führen.¹⁵³ Die Zahl von Rötelmäusen schwankt stark von Jahr zu Jahr je nach Nahrungsangebot, das wiederum wetterabhängig ist. „Jahre mit sehr gutem Nahrungsangebot, sogenannte Mastjahre, führen im jeweiligen Folgejahr zu Massenvermehrungen der Mäuse. Die Häufigkeit von Mastjahren hat sich durch den Klimawandel in den letzten 100 Jahren von ursprünglich alle sechs bis sieben Jahre auf alle zwei bis drei Jahre erhöht.“¹⁵⁴

4.6 Klimafolgen in Städten und Ballungszentren

Hitze in Städten

Ein von der Klimaüberhitzung besonders betroffener Bereich sind Städte und Ballungszentren. Bei hohen Temperaturen speichern Gebäude und Straßen die Wärme, und selbst nachts kühlen die Städte kaum ab. Insbesondere Städte mit hohem Versiegelungsanteil sind betroffen. So ist beispielsweise die Situation in München, Würzburg und Regensburg besonders angespannt. An manchen Tagen liegt die städtische Temperatur um bis zu 6°C über der des Umlands – der so genannte Wärmeinseleffekt.¹⁵⁵

Der Wärmeinseleffekt birgt ernstzunehmende Risiken für die menschliche Gesundheit und kann sogar tödliche Folgen haben. Es gibt aber auch Möglichkeiten, die von ihm ausgehende Gefahr zu mindern, beispielsweise durch das Pflanzen von Bäumen. Zu diesen Ergebnissen kommt eine im Januar 2023 im „Lancet“ veröffentlichte Studie. Allein für den Sommer 2015 konnten die Forschenden in 93 europäischen Städten einen mittleren (bevölkerungsgewichteten) Temperaturanstieg von 1,5°C auf den Wärmeinseleffekt zurückführen. Dieser sei für 6.700 Todesfälle verantwortlich gewesen, was ca. 4,3 % aller Todesfälle in diesem Sommer entspricht. Eine Erhöhung der Baumbedeckung auf 30 % hätte die Städte um durchschnittlich 0,4°C abgekühlt und damit etwa 40 % der wärmeinsel-bedingten Todesfälle verhindert.¹⁵⁶

Unterfranken und vor allem Würzburg gelten als Hotspot des Klimawandels. Laut einer Studie¹⁵⁷ der Universität Würzburg ist bis zum Jahr 2100 mit einer regionalen Temperaturerhöhung um circa 5°C zu rechnen, mit etwa 50 Hitzetagen mehr als bislang (nach REMO-Klimamodell¹⁵⁸). Für Würzburgs hochgradige Betroffenheit von der Klimaüberhitzung ist die ausgeprägte Kessellage ebenso verantwortlich wie der hohe Versiegelungsgrad und die durchgängige Riegelbebauung entlang des Mainufers. Der historische Stadtkern nimmt mit seinen Steinfassaden, Straßen und gepflasterten Plätzen Wärme sehr schnell auf, gibt sie über Nacht jedoch nur langsam wieder ab. Aufgrund des Fehlens von Frischluftschneisen gelangt die kühlere Luft des Umlands nicht ins Stadtinnere. Der zu geringe Grünflächenanteil der Innenstadt ermöglicht keine ausreichende Verdunstung, die dringend nötig wäre, um die Temperatur zu senken. Der Würzburger Ringpark zeigt zwar eine kühlende Wirkung, diese reicht aufgrund der dichten Bebauung allerdings nur ungefähr 100 Meter weit.

Klimatisch sinnvoll wären daher weitere kleinere, im Stadtkern gelegene Parks und Grünflächen.¹⁵⁹ Allerdings leiden die Stadtbäume auch unter der Klimaüberhitzung, was die Problematik extrem verschärft. Die Stadt Würzburg geht davon aus, dass durch die Hitze und Trockenheit des Sommers 2018 rund 5.000 Bäume im Stadtwald abstarben.¹⁶⁰ Die beschriebenen Phänomene sind in der Klimafunktionskarte für die Stadt Würzburg detailliert dargestellt (s. Abbildung 28).

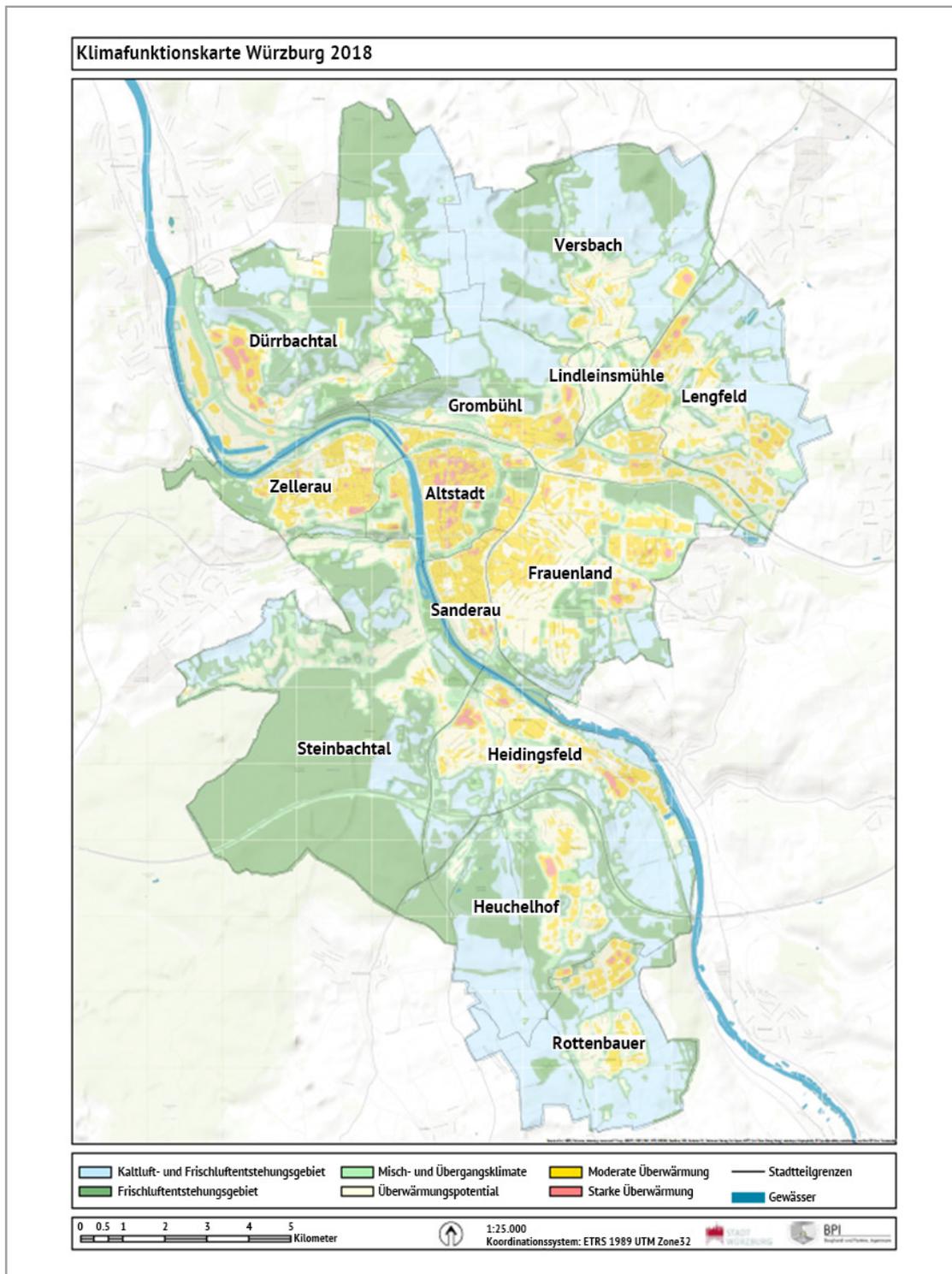


Abbildung 28: Klimafunktionskarte Würzburg 2018

Erklärung: Zu sehen ist eine Karte der Stadt Würzburg. Blau eingefärbt sind Kaltluft- und Frischluftentstehungsgebiete. Dunkelgrün sind Frischluftentstehungsgebiete. Hellgrün sind Misch- und Übergangsklimate. Sandfarben sind Gebiete mit Überwärmungspotenzial, gelb Gebiete mit moderater Überwärmung und rot Gebiete mit starker Überwärmung. Deutlich sichtbar wird beispielsweise die Überwärmung in der dicht bebauten Altstadt.

Quelle: Stadt Würzburg: <https://www.wuerzburg.de/themen/umwelt-klima/klimaundenergie/klimaanpassung-und-wetterextreme/stadtentwicklung-bauleitplanung/412831.Klimaplanatlas.html>; Stand 28.03.2023.

Deutlich sichtbar wird der Wärmeinseleffekt in Würzburg auch bei Betrachtung der jährlichen Anzahl von Hitzetagen. Die etwas außerhalb gelegene Messstation des DWD an der Keesburg misst deutlich niedrigere Temperaturen, und damit weniger Hitzetage, als die innerstädtischen Messstationen der Universität Würzburg. Die erst seit 2018 aufgezeichneten Werte zeigen, dass sich insbesondere am zentral gelegenen Marktplatz die Hitze staut. Dort wurden seit Messbeginn stets deutlich mehr Hitzetage gemessen als im deutschlandweiten Durchschnitt. Dies zeigt, wie wichtig es ist, Wetterdaten auch an besonders kritischen Stellen (z. B. stark versiegelten Innenstädten) zu erheben. In den Hitzejahren 2018, 2019 und 2022 registrierten beide Messstationen (Keesburg und Marktplatz) mehr Hitzetage als im bayernweiten Mittel für die ferne Zukunft 2071-2100 erwartet werden (Szenario 8.5: ohne Klimaschutz). Die Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Bevölkerung, insbesondere in Hotspots, sind also lokal zu betrachten, damit sie nicht unterschätzt werden (s. Abbildung 29).

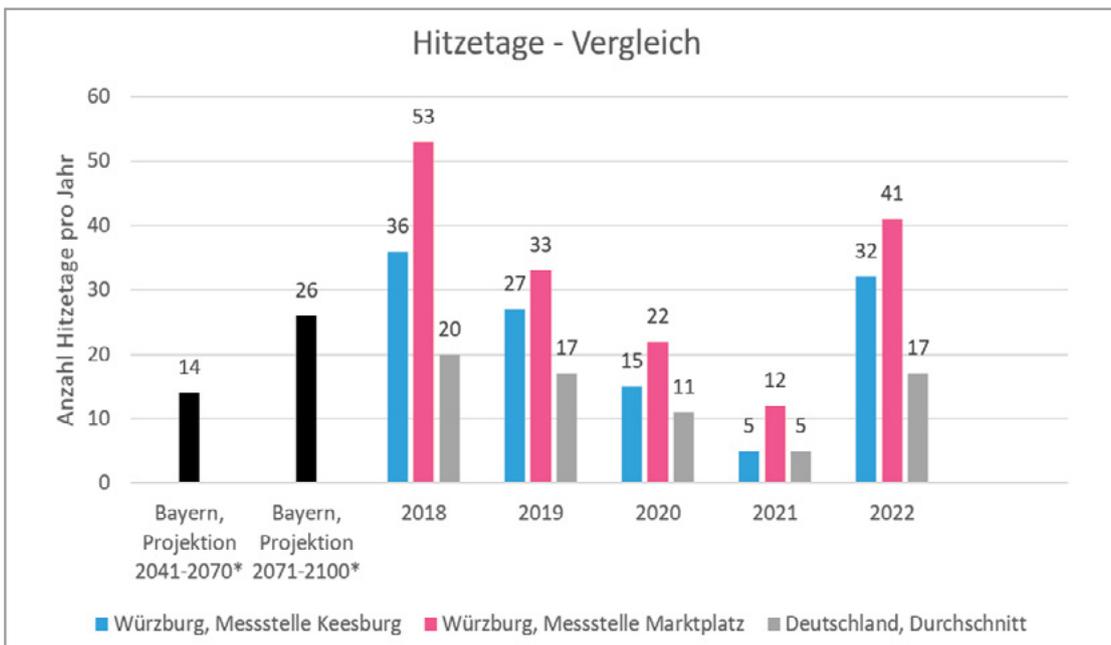


Abbildung 29: Hitzetage in Würzburg: Darstellung des Wärmeinseleffekts

Erklärung: Die innerstädtische Messstelle am Marktplatz (magentafarbene Säulen) misst deutlich mehr Hitzetage als die außerhalb gelegene Messstelle an der Keesburg (blaue Säulen), was den Wärmeinseleffekt verdeutlicht. Beide Stationen messen regelmäßig (deutlich) mehr Hitzetage als im deutschlandweiten Durchschnitt (graue Säulen). In Hitzejahren messen sie sogar schon heute mehr Hitzetage pro Jahr als im bayernweiten Mittel für Mitte/Ende des Jahrhunderts (schwarze Säulen) erwartet werden (* Szenario RCP8.5 ohne Klimaschutz). Die Werte sind teilweise gerundet.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Alpen – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg Wetterkontor: <https://www.wetterkontor.de/wetter-rueckblick/monats-und-jahreswerte.asp?id=209>; z. a. 28.03.2023.

UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-heisse-tage#die-wichtigsten-fakten>; z. a. 20.02.2023.

TUM/StMUV: Projekt "Klimaerlebnis Würzburg": <https://webarchiv.it.lis.tum.de/klimaerlebnis.wzw.tum.de/das-projekt/index.html>; z. a. 06.04.2023

Starkregen in Städten

Eine weitere Gefahr für Städte und Ballungszentren sind Starkregenereignisse, die durch die Klimaüberhitzung wesentlich häufiger auftreten werden. Schäden entstehen bei oder nach Starkregen vor allem durch Sturzfluten.¹⁶¹ Das Wasser kann nicht mehr schnell genug versickern oder abfließen und überlastet die Kanäle. Es kann durch ebenerdige Tiefgaragen, Hauseingänge, Kellerfenster oder durch den Rückstau aus Kanälen in Gebäude eindringen. Hochwasser kann Straßen und Schienen überfluten und unterspülen, und damit große Schäden an der Verkehrsinfrastruktur anrichten.

Zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung heißt auch, dass Konzepte und Lösungen für den Umgang mit seltenen Starkregenereignissen entwickelt werden. Die Kommunen sind gefordert, ein Sturzflut-Risikomanagement aufzulegen. Darin werden Gefahren und Risiken ermittelt, lokale Schutzziele definiert, und örtlich spezifische Schutzmaßnahmen aufgezeigt.

Absehbare ortsplanerische Entwicklungen und die Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind dabei zu berücksichtigen. Die Flächennutzungs- und Bauleitplanung sollte an die Erkenntnisse und Festlegungen dieses Konzepts angepasst werden. Daneben müssen Überschwemmungsgebiete in den Flussauen zurückgewonnen, Gewässer renaturiert, neue Retentionsflächen geschaffen und die Versiegelung von Flächen reduziert werden. Mögliche Überflutungsflächen bei Starkregenereignissen sollten vorausschauend in einer Starkregenkartierung erfasst werden. Dies leisten voraussichtlich bereits die im Rahmen des HiOS-Projekts (Hinweiskarte Oberflächenabfluss und Sturzflut) erstellten Karten, die leider bislang von der Staatsregierung noch nicht veröffentlicht wurden.¹⁶² Mit dem Ziel eines möglichst schadlosen Abflusses sind die Überflutungsflächen und Abflussrinnen bei zukünftigen Bebauungen zu berücksichtigen.

Optimal ist ein Vorgehen nach dem „Schwammstadt“-Prinzip, das mancherorts bereits erfolgreich angewandt wird (s. bspw. Berliner Wasserbetriebe¹⁶³ und deren Regenwasseragentur¹⁶⁴). Anstatt Regenwasser abzuleiten, wird es dort zwischengespeichert, wo es niederfällt. Dazu braucht es möglichst viele Grünflächen, auf denen das Wasser versickern kann. Dach- und Fassadenbegrünungen an Gebäuden können hier einen Beitrag leisten. Neben Grünflächen sind auch Regenrückhaltebecken, Rigolen, Zisternen und Regentonnen geeignet, um das Wasser lokal zwischenzuspeichern. Zudem können größere Wasserreservoirs auch als thermische Wärme- und Kältespeicher genutzt werden und die Energieeffizienz der Gebäudeinfrastruktur verbessern.¹⁶⁵

Der Vorteil der Schwammstadt liegt in ihrem gesamtheitlichen Ansatz. Sie führt zu einem Synergieeffekt zwischen naturnahem Regenwassermanagement und Hitzevorsorge. Auf den Flächen, wo das Wasser versickert, werden Bäume und andere Pflanzen auf direktem Wege mit Wasser versorgt. Da ein Teil des Wassers verdunstet, findet obendrein eine Kühlung des Stadtklimas statt. Eine langsame Versickerung hilft zudem, den Grundwasserspiegel und damit die Trinkwasserversorgung zu stabilisieren.

4.7 Freizeitnutzung und Tourismus

Der Tourismus ist zugleich Mitverursacher und Leidtragender der Klimaüberhitzung. Er ist nach Schätzungen für 8 % der weltweiten Treibhausgas-Emissionen verantwortlich, Tendenz steigend.¹⁶⁶ Bis 2065 wird der globale Tourismus allein wohl so viele Emissionen ausstoßen wie angesichts des Zwei-Grad-Ziels insgesamt verantwortbar wären.¹⁶⁷ Daher muss er sich seiner Verantwortung beim Klimaschutz noch bewusster werden und aktiv seinen Beitrag zur CO₂-Reduzierung erbringen.

Der Großteil des ökologischen Fußabdrucks im Tourismus entsteht bei der An- und Abreise. Etwa 75 % der touristischen CO₂-Emissionen gehen auf das Konto des Verkehrs. Besonders klimaschädlich sind Flugreisen, aber auch Autofahrten sorgen für viele Emissionen, nicht zuletzt aufgrund des Trends zu häufigeren, kürzeren Reisen. Schonender wären seltenere Reisen mit längerer Aufenthaltsdauer und mit Anreise per Bus oder Bahn.¹⁶⁸

Die regionale Tourismuswirtschaft ist besonders stark vom Wetter und von einer intakten Natur abhängig. Die Klimakatastrophe wirkt sich direkt auf die Tourismusbranche und deren Angebote aus. Ziel muss es sein, die Attraktivität der Tourismusregionen trotz der Klimaüberhitzung zu bewahren. Dies geht nur, wenn Klimaschutz und Klimaanpassung zusammen gedacht werden. Je früher sich die Branche den Herausforderungen stellt, desto besser sind die Chancen im Wettbewerb um künftige Urlaubsgäste.

Badegewässer

Die wärmeren Temperaturen im Sommer könnten einerseits den Badetourismus an Bayerns Seen fördern. Andererseits könnten sie, wie oben dargelegt, auch das Gesundheitsrisiko für die Badenden erhöhen (siehe: **4.1 Folgen für die Wasserwirtschaft, Unterkapitel „Folgen für die Gewässerqualität“** sowie **4.4. Folgen für Naturschutz und Biodiversität, Unterkapitel „Biodiversität in Gewässern“**).

Tourismus in den Alpen

Die Schneefallgrenze in den Alpen wird weiter steigen. Zunehmend milde Winter und der Rückgang der Schneebedeckungsdauer erschweren den auf Skisport ausgelegten Alpentourismus. „Langfristig können die Auswirkungen des Klimawandels nicht mehr angemessen durch technische Maßnahmen (z. B. Beschneigung) ausgeglichen werden. Dies erfordert neue Strategien für den Wintertourismus.“¹⁶⁹ Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse und Aussagen ignorierend, wird in Bayern dennoch sehr stark in weiteren Skitourismus investiert. Der Anteil der schneesicheren Skigebiete wird im Zuge der Klimaüberhitzung rasch abnehmen. Bei einer Erwärmung von 2°C sind nach einer Studie des Deutschen Alpenvereins (DAV)¹⁷⁰ nur noch 9 % der bayerischen Skigebiete natürlich schneesicher (beispielsweise erkennbar im sehr schneearmen Winter 2022/23). Weitere 30 % können mit aufwändigen, teuren, sowie umwelt- und klimaschädlichen Beschneigungsmaßnahmen noch genutzt werden. Jedoch sind 61 % der bayerischen Skigebiete auch mit erheblichem Aufwand nicht mehr für den Wintersport zu sichern.

Die Klimaüberhitzung hat auch Einfluss auf die Freizeitnutzung der Alpen fernab der Skipisten. Die Gefahren für Skitourengänger*innen und Wandernde steigen. Die wärmeren Temperaturen lassen den Permafrost und das Eis in den Felsklüften auftauen. Dies kann Steinschläge, Felsstürze oder Bergstürze hervorrufen.¹⁷¹ Zudem können die vermehrten Starkregenereignisse zu Muren (Schlamm- und Gerölllawinen) führen.¹⁷² Auch Starkschneefall, wie er beispielsweise im Winter 2018/19 zu verzeichnen war, birgt diverse Risiken und kann somit dem alpinen Tourismus schaden. Der Deutsche Alpenverein warnt vor einer Zunahme klimawandelbedingter Naturgefahren.¹⁷³

5. ANPASSUNG AN DIE KLIMAÜBERHITZUNG – UNSERE MASSNAHMEN

Den in Kapitel 4 beschriebenen Auswirkungen der Klimaüberhitzung möchten wir u. a. mit den folgenden Maßnahmen entgegenreten.

5.1 Wasserwirtschaft

Ziele

- Umfassender Schutz von Oberflächengewässern und Grundwasser
- Sparsamer und effizienter Umgang mit dem Lebensmittel Trinkwasser
- Verminderung des Nährstoff- und Sedimenteintrags in Oberflächengewässer und ins Grundwasser
- Besserer Schutz des Tiefengrundwassers für künftige Generationen
- Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie
- Entwicklung von Schwammstädten und Schwammlandschaften
- Effektiver, umweltverträglicher Schutz vor Hochwasser, insbesondere Sturzfluten
- Rückbau der Mischkanalisation

Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Umfassende Fließgewässerrenaturierung.
- Wiederherstellung von Auen in ihrer Funktion als natürliche Überschwemmungsgebiete. Damit einhergehend keine künftigen Fahrrinnenvertiefungen für die Schifffahrt.
- Zurückverlegung von Dämmen, Schaffung neuer Retentionsräume.
- Ausrichtung aller geplanten Flussbaumaßnahmen an allen bayerischen Flüssen am Schutz vor Hochwasser, insbesondere Sturzfluten.
- Zügige und umfassende Renaturierung von Mooren als Wasserspeicher. Rückbau der Entwässerungsgräben in Feuchtwiesen.
- Zeitnahe Umsetzung der Renaturierung der Gewässerrandstreifen: Naturnahe Gestaltung der Gewässerrandstreifen (geeignete Gehölze), um Einträge von Feinsediment und Nährstoffen zu minimieren und durch Beschattung die Erwärmung der Fließgewässer zu reduzieren.
- Verringerung von Flächenverbrauch und Versiegelung in Bayern auf maximal 5 Hektar pro Tag. (Siehe den Gesetzentwurf zum 5-ha-Ziel, Dr-S. 18/28436¹⁷⁴.) Programm zur Flächenentsiegelung, um schnellen Oberflächenabfluss zu vermeiden.
- Sanierung der bestehenden Trinkwasserleitungen und Hochbehälter, um Verluste zu minimieren. Aufklärungskampagnen und Unterstützung zum sparsamen und effizienten Umgang mit Trinkwasser insbesondere in Notzeiten.
- Speichervolumen von Regenrückhaltebecken erhöhen, um Schadstoffeinträge in die Gewässer durch zunehmende Starkregenereignisse zu verringern. Nur zurückgehaltenes Wasser kann, soweit notwendig, einer Klärung zugeführt werden.
- Wassersensible Stadtentwicklung nach dem Schwammstadtprinzip fördern.
- Wirksames Grundwassermanagement insbesondere in Trockengebieten einführen.
- Fachgerecht ermittelte Wasserschutzgebiete zügig ausweisen. Ziel: 12 % der Landesfläche.
- Wasserentnahmeentgelt einführen, um einen zusätzlichen Anreiz zum sparsamen Umgang mit Grund- und Oberflächenwasser zu geben, und um eine verbesserte Grundlage für die Finanzierung der Klimaanpassung in der Wasserwirtschaft zu schaffen.

5.2 Landwirtschaft

Ziele

- Sicherung der Lebensmittelversorgung
- Stabilisierung der Landwirtschaft gegenüber den Auswirkungen der Klimaüberhitzung
- Erhöhung und langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit
- Humusaufbau zur Verbesserung der Bodenstruktur und der Wasseraufnahmekapazität
- Erhalt und Förderung robuster, anpassungsfähiger Nutztiere
- Nachhaltige, ressourcenschonende und ökologisch verträgliche Landwirtschaft und Anbausysteme, am besten in Form von Ökolandbau
- Reduzierung der Treibhausemissionen von landwirtschaftlich genutzten Moorböden durch angepasste Nutzungen

Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Anpassung der Anbaumethoden an die geänderten klimatischen Bedingungen, speziell auch an die mikroklimatischen Bedingungen vor Ort.
- Entwicklung von Anbausystemen, die einen sparsamen und effizienten Umgang mit der Lebensgrundlage Wasser ermöglichen.
- Verstärkter Einsatz traditionell gezüchteter, standort- und klimaangepasster Sorten. Erforschung und traditionelle Zucht von hitze- und trockenheitsverträglichen Sorten.
- Verstärkte Wahrnehmung der staatlichen Aufgabe zur Erhaltung von vielfältigem Saatgut.
- Konsequente Umstellung der Förderpolitik und der Cross Compliance-Bestimmungen¹⁷⁵ sowie deren Nachfolgeregelungen auf Grundsätze und Programme, welche die Erkenntnisse der Klimaforschung berücksichtigen.
- Anpassung von Genehmigungs-, Kontroll- und Förderinstrumenten, um negative Auswirkungen von Bewässerungsmaßnahmen auf den Grundwasserspiegel und wasserabhängige Biotoptypen zu vermeiden (z. B. wasserrechtliche Genehmigung).
- Priorisierung der langfristigen Erhaltung und Steigerung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit: Verminderung von Mineraldüngereinsatz, verstärkter Einsatz von Mist und Kompost.
- Konsequente Einhaltung weiter und vielfältiger Fruchtfolgen (standort- und betriebsgerechte Mindestfruchtfolge, die auch humusmehrende Feldfrüchte verwendet).
- Verdunstungs- und Erosionsschutz durch freiwachsende Hecken und Feldgehölze.
- Ganzjährige Mulchabdeckung und verpflichtender Kultursortenwechsel auf erosionsgefährdeten Flächen.
- Maisanbau ausnahmslos mit Zwischenfrüchten und Untersaaten. Kein Maisanbau oder andere in Reihen angepflanzte Kulturen auf stark erosionsgefährdeten Flächen. Empfehlenswert ist eine Maismulchsaat ohne Saatbettbereitung („Direktsaat“).¹⁷⁶ Energiemais-Ersatz durch mehrjährige alternative Energiepflanzen wie Riesenweizengras, Miscanthus und Durchwachsene Silphie, Maisersatz im Futterbau.
- Erforschung und Anwendung von agroforstwirtschaftlichen Methoden.
- Bündelung der Forschung zu Ökolandbau-Themen (ökologische Landwirtschaft, Agrarökologie, Klimaanpassung, Sortenvielfalt, Agroforstwirtschaft) der Landesanstalt für Landwirtschaft in einer eigenständigen Forschungseinrichtung.
- Anpassung der Lehre und Ausbildung an die Herausforderungen der Klimaüberhitzung.
- Umwandlung von Ackerflächen auf Niedermoorstandorten in Dauergrünland und angepasste Bewirtschaftung von Mooren als wirksamster Klimaschutz in der Landwirtschaft (siehe den Antrag für ein Klimaprogramm Moorschutz, **Dr-S. 18/1124**).
- Renaturierung und Wiedervernässung der Moore als einer der größten Kohlenstoffspeicher der Erde. Wiedervernässung von mindestens 40 % der trockengelegten Moore bis 2030. Förderung moorangepasster Landwirtschaft, insbesondere CO₂-neutrale Nutzung, z. B. Paludikulturen, Kurzumtriebsplantagen oder Beweidung durch Wasserbüffel.
- „Weideinitiative Grasland“: Förderung von extensiv beweidetem Grasland als Kohlenstoffspeicher und zur Steigerung des Wasserbindungsvermögens (siehe den Antrag für ein Klimaprogramm Grasland, **Dr-S. 18/1123**).
- Gesetzliche Verankerung der Klimaschutzfunktionen des Bodens als Grundlage für Maßnahmen zur Sicherung des Humusgehalts.

- Förderprogramm für umweltschonende Landmaschinen.
- Minimierung der Bodenverdichtung durch angepasste Bewirtschaftung und angepasste Maschinen.
- Agrarinvestitionskredite für Geräte zur mechanischen und thermischen Unkrautbekämpfung.
- Rückhalt von Niederschlag in der Landwirtschaft durch geeignete Graben- und Teichsysteme sowie Rückbau von Drainagen (Ziel: Schwammlandschaften).
- Ablösung der industriellen Tierhaltung durch flächengebundene Tierhaltung, um Methanemissionen einzusparen (siehe den Antrag für artgerechte Tierhaltung, Bundestags-Drs. [18/3732](#) und den Antrag „GQ zeitgemäß verbessern“, Drs. [17/13691](#))¹⁷⁷.
- Förderung und Entwicklung der Agri-Fotovoltaik.

Ausführlichere Ziele und Maßnahmen sind im **Konzept „Vielfalt auf dem Land erhalten“**¹⁷⁸ der Grünen Landtagsfraktion aufgeführt.

5.3 Forstwirtschaft

Ziele

- Flächendeckender Umbau der bayerischen Wälder zu stabilen, klimatoleranten Mischwäldern
- Stärkung des Ökosystems Wald in Resistenz, aber auch Resilienz¹⁷⁹, gegenüber Trockenperioden und zunehmenden Wetterphänomenen
- Erhöhung der Widerstandskraft gegen Schädlinge und Krankheitserreger (Pathogene), die sich durch die Erwärmung stärker ausbreiten
- Priorisierung der Erholungs- und Schutzfunktionen des Waldes gegenüber den wirtschaftlichen Funktionen
- Naturverjüngung der Hauptbaumarten
- Erhaltung der natürlichen Arten- und Biotopvielfalt der Wälder

Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Nachzucht von standortheimischen, den lokalen Bedingungen angepassten Bäumen.
- Umwandlung bestehender Reinbestände in naturnahe Mischwälder mit hohem Laubholzanteil und hoher Baumartenvielfalt.
- Durchforstungen von Jungbeständen nach diesen Zielen und Einbringen von Laubholz insbesondere in Nadelholz-Altbestände.
- Förderung der Naturverjüngung mithilfe von modernem Wildtiermanagement und konsequenter Ausrichtung der Jagd am Grundsatz Wald vor Wild.
- Förderung u.a. der Tanne, die mit ähnlichen Holzeigenschaften wie die Fichte klimatoleranter ist und sich momentan weit unter ihrem Verbreitungspotenzial befindet.
- Kompletter Verzicht auf Kahlschläge – auch kleinflächige. Stattdessen gezielte Eingriffe und Einzelstammnutzung, um eng verzahnte räumliche Nischen (Altersstruktur, Deckung) zu gewährleisten. Einführung der Plenterwaldbewirtschaftung¹⁸⁰ als vorrangige Bewirtschaftungsmethode im Staatswald.
- Erhaltung der Wasseraufnahmefähigkeit der Waldböden durch starke Reduktion des Einsatzes schwerer Großmaschinen zur Bestandspflege und Holzernte.

- Wiederaufnahme der Förderungen für bodenschonende Rückemethoden mithilfe von Seilkranen und dem Einsatz von Pferden.
- Insbesondere im Staatswald ist die biologische Vielfalt des Waldes durch den Schutz von Arten, Lebensräumen und Ökosystemen vorrangig zu bewahren oder zu erreichen. Dabei sollen die Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion erhalten bleiben.
- Aufstockung des Forstpersonals (Beratung und Förderung) im Bereich der Privat- und Körperschaftswälder, um die mangelnde Umsetzung des Waldumbaus dort voranzutreiben.
- Förderung von Holzbau bei öffentlichem Bauen ebenso wie im Privatbau (siehe den Antrag zur Holzbau-Offensive für Bayern, Dr-S. 18/3760).
- Sicherstellung von ausreichenden Fördermitteln für den Waldumbau.
- Deutliche Intensivierung der Schutzwaldsanierung: Sicherung der Verjüngung der Schutzwälder durch frühzeitige und verstärkte jagdliche Maßnahmen.
- Kein Einsatz von chemisch-synthetischen Pestiziden zur Bekämpfung von Schadinsekten.
- Flächendeckende Erhöhung des Totholzanteils durch gezielte Managementmaßnahmen und Zulassen der natürlichen Dynamik. Dadurch Stärkung der natürlichen Widerstandskraft des Ökosystems Wald.
- Naturschutzkonzepte fördern.
- Stärkung der Fachstellen für Waldnaturschutz an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten als wichtiges Bindeglied zwischen Staat und Waldbesitzer*innen.
- Anpassung von Genehmigungs-, Kontroll- und Förderinstrumenten, um negative Auswirkungen von Bewässerungsmaßnahmen auf den Grundwasserspiegel und wasserabhängige Biotoptypen zu vermeiden (z. B. wasserrechtliche Genehmigung).
- Verwirklichung eines bayernweiten Naturwaldverbundes auf Staatswaldflächen.

5.4 Naturschutz und Biodiversität

Ziele

- Erhaltung von gefährdeten Pflanzen und Tieren durch Optimierung ihrer Lebensräume in Bayern
- Reduktion der Nährstoff- und Schadstoffeinträge in Gewässer, um negative Folgen der Erwärmung zu reduzieren
- Schutz der wasserabhängigen Lebensräume vor weiterer Entwässerung oder Wasserentnahmen
- Aufbau eines funktionellen Biotopverbundes für Feucht- und Trockenlebensräume im Offenland und für den Wald

Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Erhöhung der Naturschutzleistungen in den bayerischen Schutzgebieten (insbesondere in Naturschutz- und Natura 2000-Gebieten). Zügige Erstellung der säumigen Managementpläne.
- Erfassung und Überwachung der Bestände aller europarechtlich geschützten Arten, insbesondere der schutzgebietsspezifischen Erhaltungszustände. Kenntnisstände über Verbreitung und Häufigkeit von Schutzgütern verbessern.
- Regelmäßige Durchführung eines Monitorings für bedrohte Arten und Lebensräume, zusammen mit einem Monitoring invasiver Arten hinsichtlich Dynamik und Gefahrenpotenzial. Falls erforderlich, Entwicklung geeigneter Maßnahmen zum Erhalt oder zur Bestandsstützung aus dem Monitoring. Maßnahmen gegen invasive Arten insbesondere dort, wo einheimische Arten bedroht werden.

- Renaturierung (degenerierter) Moore und Niedermoore und wo möglich Umwandlung von Ackerflächen in wiedervernässtes Grünland (mit besonderem Augenmerk auf Kältestandorte).
- Herstellung geeigneter ökologischer Korridore, um Zerschneidungs- und Barrierewirkungen abzubauen und um (im Biotopverbund) Wandermöglichkeiten für bedrohte Arten zu schaffen.
- Stärkung des Biotopverbundes mit Trittsteinbiotopen und Verbundachsen.
- Verstärkte Ausrichtung des bayerischen Kulturlandschaftsprogramms auf den Erhalt der Biodiversität.
- Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung in Gewässereinzugsgebieten, die aufgrund des Nährstoff- oder Pestizideintrags die Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie nicht einhalten. Enge Kontrolle und fachliche Begleitung durch die zuständigen Behörden.
- Schutz der besonders gefährdeten Gebirgsflora in alpinen Zonen durch Lenkung von Wandertourismus und Erweiterung von Schutzzonen.

5.5 Schutz der menschlichen Gesundheit

Ziele

- Saubere Luft und sauberes Wasser für Bayerns Bürger*innen
- Weitgehender Schutz von gefährdeten Personen, wie alten und kranken Menschen sowie Kindern vor Hitze insbesondere in Hitzeperioden
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen für Menschen in Außenberufen

Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Aufstellen von Hitzeaktionsplänen in allen von Hitze bedrohten bayerischen Städten und Gemeinden (siehe den Antrag „Hitze gefährdet Gesundheit“, Dr.-S. [18/3078](#) und die Handlungsempfehlungen des Bundesumweltministeriums¹⁸¹).
- Zeitnahe und allgemeine Informationen zum Umgang mit Hitze über diverse, auch öffentlich-rechtliche Kanäle (z. B. Koordinierung von Beratungstelefonen).
- Rechtzeitige Information über bevorstehende Hitzewellen und zielgerichtete Empfehlungen für Risikogruppen (z. B. Kinder und Senioren). „Eigene“ Hitzeaktionspläne für Einrichtungen wie Krankenhäuser und Pflegeheime sind sehr zu empfehlen.
- Öffentlichkeitswirksame, niederschwellige Aufklärung zu den Gefahren und den Verhaltensmaßnahmen bei Hitze (z. B. durch Flyer, Plakate, Infostände und Hitzeaktionsplan-App). Etablierung neuer Ansprechpartner*innen in öffentlichen Einrichtungen (z. B. Schulen, Kitas, Alten- und Pflegeheime, Krankenhäuser, Psychiatrien, Polizei, Gesundheitsämter).
- Integration des Themas Klimaüberhitzung in die Aus- und Weiterbildung der Gesundheitsberufe.
- Bedürfnisorientierte Vernetzung von professionellen und nachbarschaftlichen Unterstützungsangeboten, z. B. durch Vermittlung von Hitzeopatschaften, bei denen Freiwillige sich um einzelne vulnerable Personen kümmern.
- Aufklärungskampagne über Gefahren der atemwegsreizenden Schadstoffe. Monitoring der Schadstoffwerte und umfassende Warnung bei Überschreitung der Richtwerte.
- Verringerung von Luftschadstoffemissionen, insbesondere Ozonvorläufern wie Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden.
- Monitoring der atmosphärischen Pollenkonzentration und der Allergenität von Pflanzen sowie Prognose der zu erwartenden Pollenbelastung.

- Mehr Informationskampagnen zu Ausbreitung der Allergien und den Möglichkeiten zum Umgang damit.
- Bekämpfung und Verhinderung der Ausbreitung von hoch allergenen Pflanzen wie z. B. Ambrosia.
- Analyse neu auftretender Tierarten (z. B. Tigermücke, Sandmücke) v. a. hinsichtlich der Übertragung von Krankheitserregern. Entwicklung von Präventions- und Behandlungsstrategien. Wissenstransfer der Tropeninstitute innerhalb Bayerns ausbauen.
- Errichtung von Trinkwasserbrunnen an öffentlichen Orten und Gebäuden, Grünflächen, Beschattungsmöglichkeiten sowie Sitzgelegenheiten für Fußgänger in stark genutzten Bereichen.
- Einrichtung „kühler Räume“ (insbesondere in Gesundheitseinrichtungen) sowie Gebäudeanpassungen für ein besseres Raumklima.
- Recht auf Home-Office oder Hitzefrei (bei Personen in Außenberufen), die in den einzelnen Betrieben individuell ausgearbeitet werden können.
- Monitoring zur hitzebedingten Sterblichkeit, um die Wirksamkeit der verschiedenen Maßnahmen überprüfen und anpassen zu können.

Zum Thema Hitzevorsorge und Anpassungsmaßnahmen siehe auch das **Zentrum KlimaAnpassung**¹⁸² sowie die **Empfehlungen des Bundes-Umweltministeriums**¹⁸³.

5.6 Siedlungsgebiete

Ziele

- Reduktion der Hitzebelastung in Städten
- Reduktion der Schadstoffbelastung
- Reduktion der zerstörerischen Auswirkungen von Starkregen und Nutzen des Wasserpotenzials

Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Erstellung und Umsetzung kommunaler Klimaschutzkonzepte und Klimaanpassungsstrategien in allen Städten und Gemeinden Bayerns nach dem Vorbild von Regensburg, Würzburg oder Nürnberg¹⁸⁴.
- Einstellung von Klimaschutzmanager*innen zur Koordinierung der Maßnahmen, vor allem im Bereich der grünen und blauen Infrastruktur.
- Erfassung und flächenscharfe Kartierung von Kaltluftentstehungsgebieten und Frischluftschneisen im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung (Flächennutzungspläne und Bebauungspläne), beispielsweise mit Hilfe von Geo-Daten. Freihaltung dieser Bereiche von weiterer Bebauung. Entwicklung von Instrumenten (z. B. in der Regionalplanung) zum wirksamen überregionalen Schutz von Kaltluftentstehungsgebieten und Frischluftschneisen: Identifikation und Festschreibung entsprechend der Grünzüge in der Regionalplanung – z. B. Ausweisung als Vorranggebiete.
- Ausrichtung der städtebaulichen Förderprogramme auf Grundsätze zum Schutz des Klimas und zur Anpassung an die Klimaüberhitzung. Klimaanpassung als kommunale Pflichtaufgabe.
- Festschreibung der Verpflichtung zur Begrünung in der Bayerischen Bauordnung. Zusätzlich sind in Verdichtungsräumen Gründächer bzw. eine Fassadenbegrünung vorzusehen.
- Freiflächenkonzepte in der Bebauungsplanung. Entsiegelung und Förderung von wasseraufnahmefähigen und wasserdurchlässigen Belägen. Unterbindung von Schottergärten (nicht Steingärten).
- Förderung privater Frei- und Grünflächen.
- Erhaltung von Kleingärten und Kleingartenanlagen.

- Bessere Bekanntmachung des Leitfadens¹⁸⁵ und der Fördermittel für ein kommunales Starkregenerisikomanagement (2.1.6 RZWas 2021 „Konzepte zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement“¹⁸⁶).
- Endlich Veröffentlichung der Fließpfadkarten für die Kommunen (siehe Projekt HiOS¹⁸⁷ – die Hinweiskarten Oberflächenabfluss und Sturzflut liegen seit über zwei Jahren vor).
- Stabilisierung des Klimas in besiedelten Räumen nach dem Schwammstadt-Prinzip: Zwischenspeicherung des Regenwassers (insbesondere von Starkregen) in geeigneten, temperaturlausgleichenden Grünflächen und -dächern, in Zisternen und Regenrückhaltebecken zur Bewässerung der Grünflächen, auch zur Entlastung des Abwassersystems und Schonung von Grundwasser.
- Erhaltung und Schutz naturnaher Gewässerauen und -uferzonen. Renaturierung von in Siedlungsbereichen gelegenen Fluss- und Bachläufen sowie Schaffung neuer Überflutungsflächen (Retentionsräume).
- Anpassung und Fortentwicklung technischer Regeln und Normen für klimagerechte Gebäudeplanung. Darunter: Gebäudeaußendämmung; Verwendung heller Baumaterialien, Putze, Anstriche und Beschichtungen; Verstärkung der Dach- und Fassadenkonstruktion; Bauvorsorgemaßnahmen gegen Starkregen; klimagerechte Anordnung der Räume; Maßnahmen der passiven Kühlung; u. v. m.
- Infokampagnen und Beratung für Eigentümer*innen zur Klimaanpassung ihrer Immobilien.
- Information von Gartenbesitzer*innen und Bauträger*innen über die Vorteile von großkronigen Bäumen auf das Siedlungsklima (Beschattung, Verdunstung, etc.). Möglichst Vorgaben zu Bäumen und unversiegelten Flächen in Bebauungsplänen. Förderung der Einführung und konsequente Einhaltung von Baumschutzverordnungen. Verstärkte Pflanzung, Erhaltung und Entwicklung von großkronigen Bäumen im Straßenraum und auf Parkplätzen. Straßenbegleitgrün zur Verbesserung von Kühlungs- und Luftfilterfunktionen.
- Verkehrsberuhigte Zonen vor allem in Stadtkernen und Wohngegenden zur Aufwertung des Wohnumfeldes bzw. der Aufenthaltsqualität und der Erhöhung der Verkehrssicherheit bei gleichzeitiger Reduzierung der lokalen Schadstoffemissionen. Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel und der Radwege, verbesserte Anbindung für Pendler*innen.
- Beschattung von Straßen, Wegen, Parkplätzen und Haltestellen (möglichst durch Bäume oder Gründächer), sowie Begrünung von privaten und öffentlichen Grundstücken.
- Installierung kostenfreier Trinkwasserbrunnen (Trink Bars) in Innenstädten, an Hitze-Hotspots sowie Bus- und Bahnhaltestellen. Hierzu wurde eine gesetzliche Verpflichtung eingeführt in § 50 Absatz 1 Satz 2 WHG: „Hierzu gehört auch, dass Trinkwasser aus dem Leitungsnetz an öffentlichen Orten durch Innen- und Außenanlagen bereitgestellt wird, soweit dies technisch durchführbar und unter Berücksichtigung des Bedarfs und der örtlichen Gegebenheiten, wie Klima und Geografie, verhältnismäßig ist.“¹⁸⁸
- Förderung der Kartierung und Kommunikation „kühler Räume“, wie z. B. Kirchen, Rathäuser, Bibliotheken, Restaurants und Parkflächen.

Ausführlichere Ziele und Maßnahmen sind im **Konzept „Bauen, Wohnen, Grüner Leben“** („Lebenswerter und bezahlbarer Wohnraum für alle Menschen in Bayern“)¹⁸⁹ der Grünen Landtagsfraktion aufgeführt.

5.7 Freizeitnutzung und Tourismus

Ziele

- Einen naturverträglichen Tourismus anstreben, der insgesamt zunehmend klimaneutral und mit Natur- und Artenschutz im Einklang ist
- Anpassung der Tourismusbranche an veränderte Umweltbedingungen. Entwicklung und Ausbau von Alternativen zum Skitourismus

Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Entwicklung und Förderung von touristischen Konzepten, die den Schutz besonders gefährdeter Arten unterstützen.
- Fokus auf einen sanften (Berg-)Tourismus einschließlich verstärkter Besucherlenkung und -information, um die zunehmende Nutzung besonders des alpinen Raums naturverträglich zu gestalten.
- Förderung und Erweiterung des öffentlichen Personennahverkehrs in Urlaubsregionen, um die naturverträgliche An- und Abreise zu fördern, die Beeinträchtigungen durch Individualverkehr zu minimieren und CO₂-Emissionen insgesamt zu verringern.
- Unterstützung von Kommunen bei der Entwicklung alternativer Mobilitätskonzepte für die Mobilität am Urlaubsort.
- Aufbau einer schneeunabhängigen, naturverträglichen touristischen Nutzung und eines ganzjährigen, sanften touristischen Angebots auch in Skiregionen.
- Keine weitere Förderung des Neu- und Ausbaus von Beschneiungsanlagen mit Mitteln aus bayerischen Förderprogrammen.
- Kein (Aus-)Bau von Pisten in höheren Lagen, da diese Regionen ökologisch sehr empfindlich sind und dort heimische Arten ohnehin stark durch die Klimaüberhitzung bedroht sind.

Ausführlichere Ziele und Maßnahmen sind im **Konzept „Tourismus“** („Grüne Tourismuspolitik für Bayern – naturverträglich, regional, gastfreundlich“)¹⁹⁰ der Grünen Landtagsfraktion aufgeführt.

QUELLEN

- 1) ZDF (2022): <https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/verona-italien-wasser-duerre-hitze-klima-100.html>; z. a. 01.06.2023.
- 2) BR (2022): <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/die-duerre-in-italien-wird-immer-dramatischer,TAPzWqf>; z. a. 01.06.2023.
- 3) ZDF (2022): <https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/verona-italien-wasser-duerre-hitze-klima-100.html>; z. a. 01.06.2023.
- 4) Deutschlandfunk (2022): <https://www.deutschlandfunk.de/italien-duerre-klimawandel-landwirtschaft-100.html>; z. a. 01.06.2023.
- 5) BR (2022): <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/die-duerre-in-italien-wird-immer-dramatischer,TAPzWqf>; z. a. 01.06.2023.
- 6) Tagesschau (2022): <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/hitze-italien-103.html>; z. a. 01.06.2023.
- 7) Agrar Heute (2023): <https://www.agrarheute.com/land-leben/schon-duerre-boeden-italien-spanien-frankreich-trocken-603685>; z. a. 01.06.2023.
- 8) Süddeutsche Zeitung (SZ), 17.05.2023: <https://www.sueddeutsche.de/panorama/unwetter-italien-ueberschwemmungen-1.5864915>; z. a. 01.06.2023.
- 9) Süddeutsche Zeitung (SZ), 13.04.2023: <https://www.sueddeutsche.de/politik/duerre-spanien-katalonien-regen-wassermangel-marodes-wassernetz-1.5795007>; z. a. 01.06.2023.
- 10) Tagesschau (2023): <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/duerregipfel-spanien-101.html>; z. a. 01.06.2023.
- 11) Agrar Heute (2023): <https://www.agrarheute.com/land-leben/duerre-spanien-soviel-wasser-brauchen-erdbeeren-606576>; z. a. 02.06.2023; und Agrar Heute (2023): <https://www.agrarheute.com/land-leben/duerre-spanien-europas-gemuesegarten-vertrocknet-605167>; z. a. 02.06.2023.
- 12) Agrar Heute (2023): <https://www.agrarheute.com/land-leben/duerre-spanien-soviel-wasser-brauchen-erdbeeren-606576>; z. a. 02.06.2023.
- 13) Die Tageszeitung (TAZ), 16.12.2022: <https://taz.de/Duerre-in-Spanien/!5903050/>; z. a. 02.06.2023.
- 14) BPB (2022): <https://www.bpb.de/kurz-knapp/hintergrund-aktuell/514557/flutkatastrophe-in-pakistan/>; z. a. 02.06.2023.
- 15) DW (2021): <https://www.dw.com/de/massive-%C3%BCberschwemmungen-in-zhengzhou/a-58572217>; z. a. 02.06.2023.
- 16) DW (2020): <https://www.dw.com/de/flammen-w%C3%BCten-in-kalifornien/a-54630026>; z. a. 02.06.2023.
- 17) Spiegel, 03.07.2021: <https://www.spiegel.de/panorama/kanada-rund-150-waldbraende-armee-nach-british-columbia-entsandt-a-043b6e48-583c-466a-bbc0-5c50c574d001>; z. a. 02.06.2023; und Tagesschau (2023): <https://www.tagesschau.de/ausland/amerika/kanada-waldbraende-104.html>; z. a. 02.06.2023.
- 18) Deutschlandfunk (2020): <https://www.deutschlandfunk.de/waldbraende-in-australien-verheerende-folgen-fuer-tiere-und-100.html>; z. a. 02.06.2023.
- 19) Tagesschau (2022): <https://www.tagesschau.de/ausland/amerika/florida-hurrikan-127.html>; z. a. 02.06.2023.
- 20) DW (2020): <https://www.dw.com/de/kaum-wiederaufbau-ein-jahr-nach-dem-zyklon-ida/a-52662600>; z. a. 02.06.2023.
- 21) DWD: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html#buehneTop>; z. a. 13.04.2023.
- 22) ARD Alpha: <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/klimawandel/bayern-temperaturen-klimawandel-rekorde-100.html>; z. a. 13.04.2023.
- 23) Wetterkontor: <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/monatswerte-station.asp>; z. a. 13.04.2023.
- 24) Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Bayern – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg.
- 25) Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Bayern – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg.
- 26) StMUV (2021): Klima-Report Bayern 2021 – München.
- 27) DWD: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/annual/kl/historical/; z. a. 01.03.2023.
- 28) DWD, MeteoSchweiz, ZAMG (2022): Alpenklima Sommerbulletin 2022 – Klimazustand in den Zentral- und Ostalpen, S.13.
- 29) Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Alpen – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg.
- 30) LfU: <https://www.lfu.bayern.de/geologie/permafrost/permanetby/index.htm>; z. a. 01.03.2023.
- 31) LfU (2017): Permafrost-Messstation am Zugspitzgipfel – Ergebnisse und Modellberechnungen, S. 5.
- 32) LfU (2021): Permafrost und Böden im Bereich der Zugspitze, S. 34.
- 33) DWD, MeteoSchweiz, ZAMG (2022): Alpenklima Sommerbulletin 2022 – Klimazustand in den Zentral- und Ostalpen, S.19.

- 34) Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Bayern – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg; und LfU: <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/klimaveraenderung/niederschlag/index.htm>; z. a. 13.04.2023.
- 35) Schriftliche Anfrage, Drs. 18/24560
- 36) LfU: https://www.lfu.bayern.de/wasser/klimawandel_wasserhaushalt/auswirkung_auf_wasserhaushalt/starkregen/index.htm; z. a. 24.02.2023.
- 37) KLIWA (2006): Heft 8 – Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern.
- 38) Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Bayern – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg; und LMU: <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/klimaveraenderung/niederschlag/index.htm>; z. a. 13.04.2023.
- 39) StMUV (2021): Klima-Report Bayern 2021 – München, S. 47.
- 40) RND: <https://www.rnd.de/wissen/faq-was-ist-duerre-und-was-ist-trockenheit-BKDUKVFJRBCAHM2UO4YISNIH3U.html>; z. a. 20.03.2023.
- 41) DWD: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100578&lv3=603288>; z. a. 20.03.2023.
- 42) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/grundlagen-des-klimawandels/duerre-als-folge-des-klimawandels#welche-auswirkungen-und-folgen-haben-durren>; z. a. 20.03.2023.
- 43) Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Bayern – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg.
- 44) Thober, S., Marx, A., Boeing, F. (2018): Auswirkungen der globalen Erwärmung auf hydrologische und agrarische Dürren und Hochwasser in Deutschland (Projekt HOKLIM) – Leipzig.
- 45) LfU: <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimaausstellung/folgen/index.htm>; z. a. 24.02.2023.
- 46) LfU: https://www.lfu.bayern.de/wasser/klimawandel_wasserhaushalt/auswirkung_auf_wasserhaushalt/abflussregime/index.htm; z. a. 24.02.2023.
- 47) Süddeutsche Zeitung (SZ), 17.05.2010: <https://www.sueddeutsche.de/wissen/katastrophe-von-bad-reichenhall-toedliche-schneelast-1.294907>; z. a. 02.03.2023.
- 48) LfU: https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserkundlicher_jahresbericht_2018/lawinen/winter_1819/index.htm; z. a. 02.03.2023.
- 49) Merkur, 03.01.2020: <https://www.merkur.de/bayern/schnee-chaos-bayern-2019-bob-db-behoerden-plan-schneemassenhelfer-2020-zr-13416639.html>; z. a. 13.04.2023.
- 50) Umweltbundesamt (UBA): <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/neue-analyse-zeigt-risiken-der-erderhitzung-fuer>; z. a. 23.02.2023.
- 51) LfU: https://www.lfu.bayern.de/wasser/wasser_kreislauf_bilanzen/index.htm; z. a. 23.02.2023; und DWSV: <https://www.schiffahrtsverein.de/2022/07/20/niedrigwasser-an-der-donau-folgen-fuer-die-binnenschifffahrt/>; z. a. 23.02.2023.
- 52) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/neue-analyse-zeigt-risiken-der-erderhitzung-fuer>; z. a. 23.02.2023.
- 53) StMUV (2021): Zweiter Bayerischer Gletscherbericht – Klimawandel in den Alpen – München, S. 46.
- 54) LfU: <https://www.lfu.bayern.de/wasser/grundwasserneubildung/index.htm>; z. a. 03.03.2023.
- 55) Schriftliche Anfrage, Drs. 18/24560; und LfU: <https://www.nid.bayern.de/lage/archiv/185>; z. a. 13.04.2023.
- 56) StMUV (2021): Klima-Report Bayern 2021 – München, S. 60.
- 57) BR: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/der-kampf-ums-wasser-bayern-braucht-einen-wasser-cent,TeV3oE7>; z. a. 21.06.2023.
- 58) Süddeutsche Zeitung (SZ), 27.02.2023: <https://www.sueddeutsche.de/bayern/bayern-mineralwasser-edeka-siegsdorfer-petrusquelle-1.5758385?reduced=true>; z. a. 27.02.2023.
- 59) Abendzeitung (AZ), 31.01.2023: <https://www.abendzeitung-muenchen.de/bayern/kampf-ums-wasser-wenn-konzerne-in-bayern-quellen-kaufen-art-875956>; z. a. 27.02.2023.
- 60) LfU: Arbeitshilfe Klimawandel und kleine Gewässer – Augsburg, S. 5.
- 61) Umfassende Nachforschungen zu diesem Themenkomplex sind im Verbundprojekt AquaKlif zu finden: <https://www.bayklif.de/verbundprojekte-aquaklif-de/>
- 62) BR: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/fische-in-gefahr-wasser-in-fluessen-und-baechen-oft-zu-warm,TDca6Ya>; z. a. 13.04.2023.
- 63) LGL: https://www.lgl.bayern.de/gesundheitsumweltbezogener_gesundheitsschutz/klimawandel_gesundheit/allergene_toxine/index.htm#cyanobakterien; z. a. 06.03.2023.
- 64) LGL: https://www.lgl.bayern.de/gesundheitsumweltbezogener_gesundheitsschutz/klimawandel_gesundheit/allergene_toxine/index.htm#cyanobakterien; z. a. 06.03.2023.
- 65) Humboldt-Universität zu Berlin (2019): Endbericht „Honigbienen im Klimawandel – Projekt BIENE“ – Berlin, S. 31-32.

- 66) LWG: https://www.lwg.bayern.de/weinbau/rebe_weinberg/245601/index.php; z. a. 13.04.2023.
- 67) LWG: <https://www.vitimonitoring.de/>; z. a. 13.04.2023.
- 68) Angaben ohne Körnermais und Corn-Cob-Mix
- 69) BMEL (2018): Ernte 2018 – Mengen und Preise – Berlin; und BMEL (2019): Ernte 2019 – Mengen und Preise – Berlin.
- 70) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/lw-i-3-das-indikator#ertragsausfalle-durch-extremwetterereignisse>; z. a. 13.03.2023.
- 71) BMEL: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/duerre-2018.html>; z. a. 13.03.2023.
- 72) Mainpost, 04.10.2018: <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/bayerisches-hilfsprogramm-grundfutterzukauf-art-10075137>; z. a. 13.03.2023.
- 73) BMEL (2022): Anlage zum Erntebericht 2022 – Berlin; und BMEL (2018): Ernte 2018 – Mengen und Preise – Berlin.
- 74) UFZ: <https://www.ufz.de/index.php?de=37937>; z. a. 27.04.2023.
- 75) LfU: https://www.lfu.bayern.de/wasser/klimawandel_wasserhaushalt/auswirkung_auf_wasserhaushalt/grund_boden_wasser/index.htm; z. a. 13.03.2023.
- 76) Bayerische Staatsregierung (2016): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie – München, S. 19.
- 77) LfU: https://www.lfu.bayern.de/wasser/klimawandel_wasserhaushalt/auswirkung_auf_wasserhaushalt/grund_boden_wasser/index.htm; z. a. 13.03.2023.
- 78) Bayerische Staatsregierung (2016): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie – München, S. 18.
- 79) BR: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/rueckblick-trockenheit-und-ernteausfalle-in-unterfranken,TRFAgK6>; z. a. 27.04.2023.
- 80) LfL: <https://www.lfl.bayern.de/hitzestress>; z. a. 03.04.2023.
- 81) LfU: <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/klimaveraenderung/naturkatastrophen/index.htm>; z. a. 14.02.2023; und ARD Alpha: <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/klimawandel/klimawandel-bayern-temperaturen-prognosen-100.html>; z. a. 14.03.2023.
- 82) Münchner Merkur, 26.08.2022: <https://www.merkur.de/lokales/freising/au-hallertau-ort114700/extrem-schwierige-zeiten-deutsche-hopfenpflanzer-mit-bitterer-jahresbilanz-und-duesterer-prognose-91746834.html>; z. a. 14.04.2023.
- 83) Protokoll Expertenanhörung Wasser im Umweltausschuss des Bayerischen Landtags am 23.03.2023.
- 84) LfL (2017): „Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten“, S. 23.
- 85) BMEL: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/bodenschutz/bodenerosion-durch-wasser.html>; z. a. 03.04.2023.
- 86) LfL: Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten – Freising-Weihenstephan, 2017.
- 87) z. B. Getreideroste, Mehltau (*Blumeria graminis*), Dürrfleckenkrankheit (*Alternaria solani*), Fusarium-Arten
- 88) StMELF: <https://www.stmelf.bayern.de/wald/klimawandel/index.html>; z. a. 14.04.2023.
- 89) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/bodeninventur/012200/index.php?layer=rss>; z. a. 07.03.2023.
- 90) AGDW: <https://www.waldeigentuemmer.de/themen/krise-im-wald/>; z. a. 03.04.2023.
- 91) Frankfurter Allgemeine (FAZ), 19.10.2018: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/mehr-wirtschaft/baumsterben-patient-wald-15846204.html>; z. a. 13.04.2023.
- 92) Senf, C./Pflugmacher, D./Zhiqiang, Y./Sebald, J./Knorn, J./Neumann, M./Hostert, P./Seidl, R. (2018): Canopy Mortality Has Doubled in Europe's Temperate Forests Over the Last Three Decades, in: Nature Communications 9:1.
- 93) Waldwissen: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/trockenheit/trockenheit-im-wald>; z. a. 13.04.2023.
- 94) StMELF: <https://www.stmelf.bayern.de/wald/waldschutz/waldbrand-feuer-in-waldoekosystemen/index.html>; z. a. 08.03.2023.
- 95) BR: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/waldbraende-bayerns-feuerwehren-muessen-aufruesten,TDwgTio>; z. a. 08.03.2023.
- 96) BR: <https://www.br.de/nachrichten/wissen/temperaturen-steigen-40-mal-schneller-als-nach-letzter-eiszeit,RYeLely>; z. a. 07.03.2023.
- 97) Thünen: <https://www.thuenen.de/de/newsroom/detail/default-79322c38e4>; z. a. 27.03.2023.
- 98) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/baumartenwahl/171736/index.php>; z. a. 07.03.2023.
- 99) LWF (2019): Praxishilfe Klima – Boden – Baumartenwahl – Freising, S. 35.
- 100) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/baumartenwahl/171736/index.php>; z. a. 07.03.2023.
- 101) LWF (2017): Beiträge zur Fichte – Freising, S. 8.
- 102) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/baumartenwahl/323980/index.php>; z. a. 28.03.2023.
- 103) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/243837/index.php>; z. a. 09.03.2023.
- 104) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/baumartenwahl/299671/index.php>; z. a. 07.03.2023.
- 105) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/schutzwaldmanagement/211147/index.php>; z. a. 07.03.2023.
- 106) CIPRA: <https://www.cipra.org/de/news/bergwald-im-klimawandel>; z. a. 09.03.2023.

- 107) CIPRA: Waldwirtschaft im Klimawandel, Nr. 01/2012 – Schaan.
- 108) LWF: Wälder im Klimawandel, in: Waldforschung aktuell 60, 5-2007, S.24.
- 109) LWF: <https://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/307768/index.php>; z. a. 28.03.2023.
- 110) Waldwissen: https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/wuh_ulmensterben/index_DE; z. a. 13.04.2023; und LWF: <http://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/063829/index.php>; z. a. 13.04.2023.
- 111) TUM: https://www.tum.de/aktuelles/alle-meldungen/pressemitteilungen/details?no_cache=1&tx_news_pi1%5baction%5d=detail&tx_news_pi1%5bcontroller%5d=News&tx_news_pi1%5bnews%5d=37448; z. a. 21.02.2023.
- 112) Scientific American: <https://www.scientificamerican.com/article/warming-threatens-reptiles-more-than-birds-and-mammals/>; z. a. 21.03.2023.
- 113) Bildungsserver: https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Verbreitung_der_Arten; z. a. 19.06.2023; und Uni Würzburg: <https://www.uni-wuerzburg.de/aktuelles/pressemitteilungen/single/news/wie-der-klimawandel-beziehungen-stoert/>; z. a. 19.06.2023.
- 114) Eiszeitrelikte sind vorwiegend an tiefe Temperaturen angepasste Pflanzenarten, die sich seit der letzten Eiszeit in Kälteinseln wie Quellen und Dolinen, oder an nährstoffarmen Standorten und Hochmooren gegen ihre Konkurrenz durchsetzen konnten.
- 115) Lozán et al. (2016): „Warnsignal Klima: Die Biodiversität. Wissenschaftliche Auswertungen“, Hamburg, S. 136.
- 116) LfL: <https://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/262620/index.php>; z. a. 10.05.2023.
- 117) Grüne Fraktion Bayern: <https://www.gruene-fraktion-bayern.de/dokumente/unsere-ideen-unsere-konzepte/>
- 118) ARD Alpha: <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/klimawandel/klimawandel-alpen-berge-auswirkungen-100.html>; z. a. 21.03.2023.
- 119) IDW: <https://idw-online.de/de/news723956>; z. a. 05.04.2023.
- 120) Bildungsserver: http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Alpine_Ökosysteme; z. a. 04.05.2023.
- 121) LfU: <https://www.lfu.bayern.de/natur/sap/arteninformationen/steckbrief/zeige?stbname=Saxifraga+hirculus>; z. a. 05.04.2023.
- 122) LfU (2015): UmweltWissen - Natur: Biodiversität – Augsburg, S. 4.
- 123) StMUV (2023): Bericht zur Lage der Natur in Bayern, S. 8-9.
- 124) TUM: https://www.tum.de/aktuelles/alle-meldungen/pressemitteilungen/details?no_cache=1&tx_news_pi1%5baction%5d=detail&tx_news_pi1%5bcontroller%5d=News&tx_news_pi1%5bnews%5d=35768; z. a. 21.03.2023.
- 125) BfN: <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/klimawandel.html>; z. a. 05.04.2023.
- 126) BfN: <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/neobiota-und-invasive-arten.html>; z. a. 05.04.2023.
- 127) BfN: <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/klimawandel.html>; z. a. 21.02.2023.
- 128) BfN: <https://www.bfn.de/gebietsfremde-und-invasive-arten>; z. a. 21.03.2023.
- 129) Nehring, S./Rabitsch, W./Kowarik, I./Essl, F. (2015): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Wirbeltiere (BfN-Skripten 409) – Bonn, S. 28.
- 130) Neobiota: http://www.neobiota.info/sb_Koerbchenmuschel.php; z. a. 22.03.2023.
- 131) LfU: <https://www.lfu.bayern.de/natur/neobiota/neophyten/index.htm>; z. a. 22.03.2023.
- 132) BR: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/fische-in-gefahr-wasser-in-fluessen-und-baechen-oft-zu-warm,TDca6Ya>; z. a. 22.03.2023.
- 133) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/klimafolgen-handlungsfeld-fischerei#auswirkungen-des-klimawandels-auf-binnengewasser>; z. a. 05.04.2023.
- 134) KLIWA (2010): Einfluss des Klimawandels auf die Fließgewässerqualität – Literaturobwohl und erste Vulnerabilitätseinschätzung – Gelnhausen, S. 15.
- 135) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/klimafolgen-deutschland/klimafolgen-handlungsfeld-fischerei#auswirkungen-des-klimawandels-auf-binnengewasser>; z. a. 22.03.2023.
- 136) Schriftliche Anfrage Bundestag, Drs. 18/12692.
- 137) LGL: https://www.lgl.bayern.de/gesundheit/hygiene/wasserhygiene/badeseen/baden_bayern.htm; z. a. 22.03.2023.
- 138) BR: <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/deutsche-badegewaesser-bekommen-gute-noten-von-eu-kommission,T7hogvw>; z. a. 22.03.2023.
- 139) The Lancet (2022): The 2022 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Health at the Mercy of Fossil Fuels, in: The Lancet, 2022, Vol. 400 (10363).
- 140) The Lancet (2021): The 2020 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Responding to Converging Crises, in: The Lancet, 2021, Vol. 397 (10269).
- 141) an der Heiden, M./Muthers, S./Niemann, H./Buchholz, U./Grabenhenrich, L./Matzarakis, A. (2019): Schätzung hitzebedingter Todesfälle in Deutschland zwischen 2001 und 2015, in: Bundesgesundheitsblatt, 2019: 62, S. 571-579.

- 142) Vicedo-Cabrera, A. M. et al. (2021): The Burden of Heat-Related Mortality Attributable to Recent Human-Induced Climate Change, in: Nature Climate Change, 2021, Vol. 11 (6), S. 492-500.
- 143) Universität Leipzig: <https://www.uniklinikum-leipzig.de/Seiten/klimawandel-hautkrebs.aspx>; z. a. 20.04.2023.
- 144) BfS: <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/einfuehrung/einfuehrung.html>; z. a. 20.04.2023.
- 145) DESTATIS: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2023/PD23_21_p002.html; z. a. 23.05.2023.
- 146) Universität Leipzig: <https://www.uniklinikum-leipzig.de/Seiten/klimawandel-hautkrebs.aspx>; z. a. 20.04.2023.
- 147) LfU: <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimawandel/klimaveraenderung/naturkatastrophen/index.htm>; z. a. 24.04.2023.
- 148) StMI: <https://www.innenministerium.bayern.de/sus/katastrophenschutz/fachthemen/zusammenarbeit/index.php>; z. a. 24.04.2023.
- 149) Helmholtz: <https://www.ufz.de/index.php?de=37140>; z. a. 24.04.2023.
- 150) BMUV (2022): Den Klimawandel gesund meistern: Schutz vor Infektionskrankheiten durch Zecken, Mücken und Nager – Berlin.
- 151) BR: <https://www.br.de/nachrichten/wissen/klimawandel-treibt-tropische-tigermuecken-nach-bayern,RdBkii2>; z. a. 24.04.2023; und SWR: <https://www.swr.de/wissen/sandmuecken-100.html>; z. a. 24.04.2023.
- 152) BMUV (2022): Den Klimawandel gesund meistern: Schutz vor Infektionskrankheiten durch Zecken, Mücken und Nager – Berlin.
- 153) LGL: https://www.lgl.bayern.de/gesundheitschutz/infektionsschutz/infektionskrankheiten_a_z/hantavirus/ue_2021_hantavirus_bayern.htm; z. a. 23.03.2023.
- 154) BMUV (2022): Den Klimawandel gesund meistern: Schutz vor Infektionskrankheiten durch Zecken, Mücken und Nager – Berlin, S. 17.
- 155) Main-Post, 31.05.2019: <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/klimaforscher-warnt-vor-umweltkatastrophen-in-unterfranken-art-10249517>; z. a. 08.05.2023.
- 156) Lungman T. et al. (2023): Cooling Cities Through Urban Green Infrastructure: A Health Impact Assessment of European Cities, in: The Lancet, 2023, Vol. 401 (10376).
- 157) Rauh, J./Paeth, H. (2011): Anthropogener Klimawandel und Weinwirtschaft: Wahrnehmung und Anpassungsmaßnahmen fränkischer Winzer auf den Wandel klimatischer Bedingungen, in: Ber. z. dt. Landeskunde, Bd. 85 (2), S- 151-177.
- 158) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaauswirkungen-anpassung-in-deutschland>; z. a. 06.04.2023.
- 159) BN Würzburg: <https://wuerzburg.bund-naturschutz.de/themen/klimawandel.html>; z. a. 11.05.2023.
- 160) Main-Post, 08.07.2019: <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/hitzestress-5000-baeume-im-wuerzburger-stadtwald-tot-art-10272166>; z. a. 06.04.2023.
- 161) BMBF: <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/08/starkregen-klimaforschung-und-extremwetter.html>; z. a. 19.06.2023.
- 162) LfU: https://www.lfu.bayern.de/wasser/starkregen_und_sturzfluten/hios/index.htm; z. a. 11.05.2023; und Schriftliche Anfrage, Drs. 18/24350.
- 163) Berliner Wasserbetriebe: <https://www.bwb.de/de/schwammstadt-berlin.php>; z. a. 19.06.2023.
- 164) Berliner Regenwasseragentur: <https://regenwasseragentur.berlin/>; z. a. 19.06.2023.
- 165) Lang, W., Rampp, T., Ebert, H. P. (2014): The Energy Efficiency Center of the Center for Applied Energy Research Würzburg, Germany. In: 30th International on Passive and Low Energy Architecture Conference – Sustainable Habitat for Developing Societies: Choosing the Way Forward, PLEA 2014. Rawal, R., Manu, S., Khadpekar, N. (Hrsg.), CEPT University Press, S. 4-7.
- 166) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-emissionen-im-deutschland-tourismus>; z. a. 04.05.2023.
- 167) CIPRA (2017): Szene Alpen, Nr. 102/2017: Destination Alpen, S. 7.
- 168) UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/urlaubsreisen#gewusst-wie>; z. a. 29.03.2023.
- 169) Dworak, T. et al. (2021): Folgen des Klimawandels für den Tourismus in den deutschen Alpen- und Mittelgebirgsregionen und Küstenregionen sowie auf den Badetourismus und flussbegleitende Tourismusformen – Dessau-Roßlau, S. 147.
- 170) Steiger, R. (2013): Auswirkungen des Klimawandel auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum – Innsbruck.
- 171) SWR: <https://www.swr.de/swr2/wissen/steinschlag-bergstuerze-murgaenge-klimawandel-in-den-alpen-sw2-wissen-2022-01-25-100.html>; z. a. 08.05.2023.
- 172) UBA (2021): Klimaschutz und Klimawandelanpassung: Informationen und Handlungsansätze für touristische Destinationen – Dessau-Roßlau, S. 9
- 173) Tagesschau: <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/alpenverein-klimawandel-tourismus-101.html>; z. a. 10.05.2023.

- 174) Bayerischer Landtag: https://www1.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP18/Drucksachen/Basisdrucksachen/0000017500/0000017738.pdf; z. a. 17.05.2023.
- 175) Cross-Compliance bezeichnet die „Bindung bestimmter EU-Agrarzahlungen an Verpflichtungen aus den Bereichen Umweltschutz, Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze sowie Tierschutz“: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/direktzahlung/cross-compliance.html>
- 176) LfL: <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/258793/index.php>; z. a. 06.04.2023.
- 177) „GQ – Bayern“ ist das Gütesiegel „Geprüfte Qualität Bayern“: <https://www.gq-bayern.de/>
- 178) Grüne Fraktion Bayern: <https://www.gruene-fraktion-bayern.de/dokumente/unsere-ideen-unsere-konzepte/>; z. a. 17.05.2023.
- 179) Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Ökosystems zur Wiederherstellung der eigenen Funktionsfähigkeit nach Störungen und Schocks („bounce back“).
- 180) Forstwirtschaftlich extensiv genutzter Wald, bei dem alle Altersstufen vom einjährigen bis zum fällbaren Baum auf derselben Fläche gemischt wachsen. Beim Plenterbetrieb werden nur einzelne schlagreife Bäume oder Baumgruppen geerntet.
- 181) BMUV: <https://www.bmuv.de/themen/gesundheit-chemikalien/gesundheit/gesundheits-im-klimawandel/handlungsempfehlungen-fuer-die-erstellung-von-hitzeaktionsplaenen>; z. a. 17.05.2023.
- 182) Zentrum Klimaanpassung: <https://zentrum-klimaanpassung.de/wissen-klimaanpassung/klimatische-einfluesse-betroffenheiten/hitze/special-hitzevorsorge>; z. a. 17.05.2023.
- 183) BMUV: <https://www.bmuv.de/themen/gesundheit-chemikalien/gesundheit/gesundheits-im-klimawandel/extremwetterereignisse/hitze>; z. a. 17.05.2023.
- 184) siehe Umweltamt Nürnberg (2012): Handbuch Klimaanpassung – Bausteine für die Nürnberger Anpassungsstrategie – Nürnberg; https://www.nuernberg.de/imperia/md/klimaanpassung/dokumente/klimaanpassung_handbuch_low.pdf
- 185) StMUV (2019): Infoblatt zum Sonderprogramm nach Nr. 2.4 RZWAs 2018 – Integrale Konzepte zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement: https://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/foerderung/doc/infoblatt_sonderprogramm_sturzfluten.pdf
- 186) Bayerische Staatskanzlei: https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVV_7538_U_11673>true; z. a. 05.06.2023.
- 187) HiOS: <http://www.hios-projekt.de/>; z. a. 05.06.2023.
- 188) Bundesministerium der Justiz: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/_50.html; z. a. 05.06.2023; siehe auch Deutscher Bundestag: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2022/kw45-de-wasserhaushalt-917448>; z. a. 05.06.2023.
- 189) Grüne Fraktion Bayern: <https://www.gruene-fraktion-bayern.de/dokumente/unsere-ideen-unsere-konzepte/>; z. a. 17.05.2023.
- 190) Grüne Fraktion Bayern: <https://www.gruene-fraktion-bayern.de/dokumente/unsere-ideen-unsere-konzepte/>; z. a. 17.05.2023.

Abbildungsverzeichnis

1. historische Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in Bayern, 1881-2022
2. Plätze 1 bis 10 der wärmsten Jahre in Deutschland/Bayern seit 1881
3. 10-Jahres-Mittelwerte der Jahresdurchschnittstemperaturen für Bayern
4. Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 1880 bis 2022 in Bayern vom Referenzzeitraum (1961-1990)
5. Abweichungen der Jahresmitteltemperaturen 1950 bis 2019 in Bayern vom Referenzzeitraum (1971-2000) sowie simulierte zukünftige Entwicklungen
6. Temperaturen der Sommerhalbjahre in den Hochlagen der Alpen, 1901-2022
7. Historischer Trend der Niederschlagsmenge in Bayern, 1951-2019
8. Niederschlagssummen der Winterhalbjahre ab 2012/13
9. Anzahl der Starkregenereignisse in Deutschland pro Jahr, 2001-2020
10. Änderung der durchschnittlichen Dürredauer in Deutschland
11. Grundwasserneubildung aus Niederschlag in Bayern, 2015-2019 ggü. 1971-2000
12. Grundwasserneubildung aus Niederschlag in Unterfranken, 1951-2020
13. Beginn der Apfelblüte in Deutschland, 1960-2021
14. Trockenheitsindex in Süddeutschland, Vergleich 2018 mit 1971-2000
15. Symbolbild Dürreerscheinungen in einem Maisfeld
16. Mittlerer, langjähriger Bodenabtrag von Ackerflächen
17. Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlusts aller Baumarten in Bayern seit 1984
18. Häufigkeit der Waldbrandgefahr im August in Bayern (Vergangenheit und Zukunft)
19. Holzeinschlag und Schlagholzanteil in Bayern, 2008 bis 2021
20. Entwicklung des Anbaurisikos der Fichte (*Picea abies*) in Bayern
21. Brutentwicklung des Buchdruckers nach Temperatur
22. Gefährdungslage Buchdrucker in Bayern, Stand 30.09.2022 (Ende der Schwärmzeit)
23. Habitategnung für 30 besonders problematische Neophyten in Deutschland: heutiges Klima vs. Klimawandel
24. Maximaltemperaturen der Woche 30. Juni bis 6. Juli 2019 in Europa
25. Krankenhausbehandlungen wegen Hitze/Sonnenlicht (oben) und Hitzetage in Deutschland (unten), 2000 bis 2020
26. Krankenhausbehandlungen wegen Hautkrebs & Flüssigkeitsmangel, 2000 bis 2020
27. Verbreitung der Beifuß-Ambrosie in Bayern, 2007 bis 2018
28. Klimafunktionskarte Würzburg 2018
29. Hitzetage in Würzburg: Darstellung des Wärmeinseleffekts

Tabellenverzeichnis

1. Projizierte Klimakennwerte der Zukunft für Bayern
2. Defizit der Grundwasserneubildung in Bayern seit 2012
3. Trockenheitsindex in den Sommerhalbjahren für Bayern, 1951-2010

KONTAKT:

Stand: August 2023



Patrick Friedl, MdL

Sprecher für Naturschutz und Klimaanpassung

BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN

im Bayerischen Landtag

Maximilianeum, 81627 München

Tel. 089 4126-2451

patrick.friedl@gruene-fraktion-bayern.de



Rosi Steinberger, MdL

Sprecherin für Verbraucherschutz

BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN

im Bayerischen Landtag

Maximilianeum, 81627 München

Tel. 089 4126-2753

rosi.steinberger@gruene-fraktion-bayern.de



Christian Hierneis, MdL

Sprecher für Umweltpolitik und Tierschutz

BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN

im Bayerischen Landtag

Maximilianeum, 81627 München

Tel. 089 4126-2553

christian.hierneis@gruene-fraktion-bayern.de

ERGÄNZUNG (Stand: März 2024)

Im August 2023 habe ich mein vollständig aktualisiertes und überarbeitetes Positionspapier „Klimaüberhitzung - Folgen und Anpassung“ veröffentlicht. Darin sind die Auswirkungen der Klimaüberhitzung in Bayern sowie die Gefahren, die sich aus ihr ergeben, beschrieben. Und es sind Maßnahmen aufgezeigt, mit denen wir uns gegen diese Gefahren wappnen und uns an das veränderte Klima anpassen können. Seitdem gibt es einige neue Zahlen und Grafiken, die mit dieser Aktualisierung dargestellt werden. Damit sollen lokale Entscheidungsträger*innen, Engagierte und Interessierte auf dem aktuellen Stand gehalten werden können.

Mittlerweile steht fest, dass 2023 das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen war – sowohl in Bayern und Deutschland als auch global.¹ Das lag hierzulande vor allem an einem ungewöhnlich warmen Herbst und Winter.² Global betrachtet erlebten wir jedoch auch den heißesten Sommer, der je gemessen wurde. Damit einher gingen starke Hitzewellen etwa in Südeuropa, den USA und China, sowie Meerestemperaturen in Rekordhöhe.³ Auch in Bayern haben uns erneut Wetterextreme und starke Temperaturschwankungen zu schaffen gemacht. So vermeldete München am 2. Dezember 2023 mit mehr als 50 Zentimetern einen neuen Schneerekord, und nur einen Monat später den wärmsten Neujahrstag seit Messbeginn.⁴ Es gibt aber auch gute Nachrichten. 2023 war ein sehr nasses Jahr, vor allem in den letzten Monaten.⁵ Folglich entspannte sich die Situation des Grundwassers etwas. Stand März 2024 zeigten 10 % der oberflächennahen und 40 % der tieferen Messstellen niedrige oder sehr niedrige Pegel auf. Das ist eine Verbesserung im Vergleich zu den letzten Jahren, aber Grund zur Entwarnung besteht nicht. Es ist davon auszugehen, dass die langjährige Tendenz fallender Grundwasserspiegel durch einen nassen Winter nicht gebrochen werden kann. Es besteht weiterhin dringender Handlungsbedarf auch beim Thema Wasser.



Patrick Friedl, MdL

Sprecher für Naturschutz und Klimaanpassung
Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Bayerischen Landtag

¹ <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html>

² https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201_klimarueckblick-2023.html

³ <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/eu-klimawandel-sommer-100.html>;
<https://www.dw.com/de/mittelmeer-nordatlantik-ozeane-meereswasser-so-hei%C3%9F-wie-nie-2023-w%C3%A4rmster-juli-aller-zeiten/a-66444239>

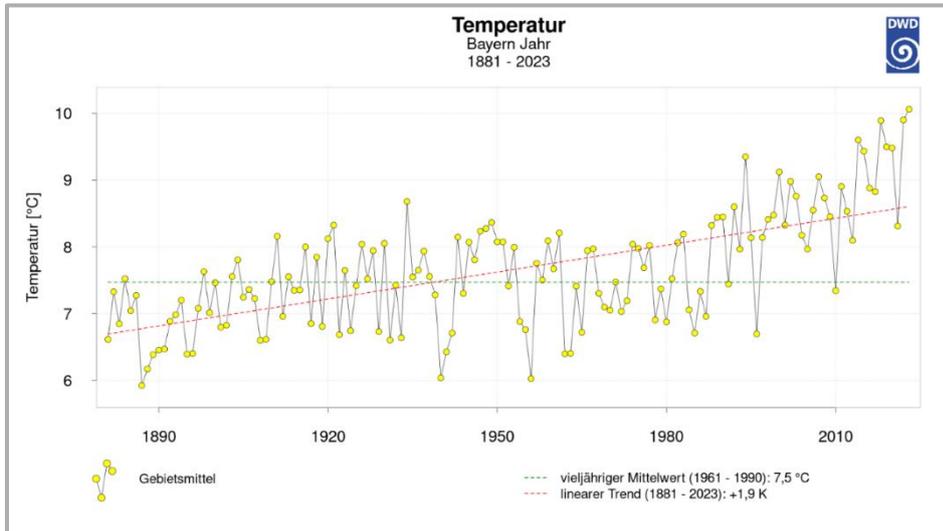
⁴ <https://www.abendzeitung-muenchen.de/muenchen/so-rekordverdaechtig-war-das-wetter-2023-in-muenchen-art-949693>

⁵ https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20240201_klimarueckblick-2023.html

AKTUALISIERTE GRAFIKEN

Einige der im Positionspapier zu findenden Grafiken stehen mittlerweile in neuerer Version, d. h. mit aktuelleren Daten zur Verfügung. Dies sind:

Abbildung 1 (Seite 6): beinhaltet nun auch das Jahr 2023

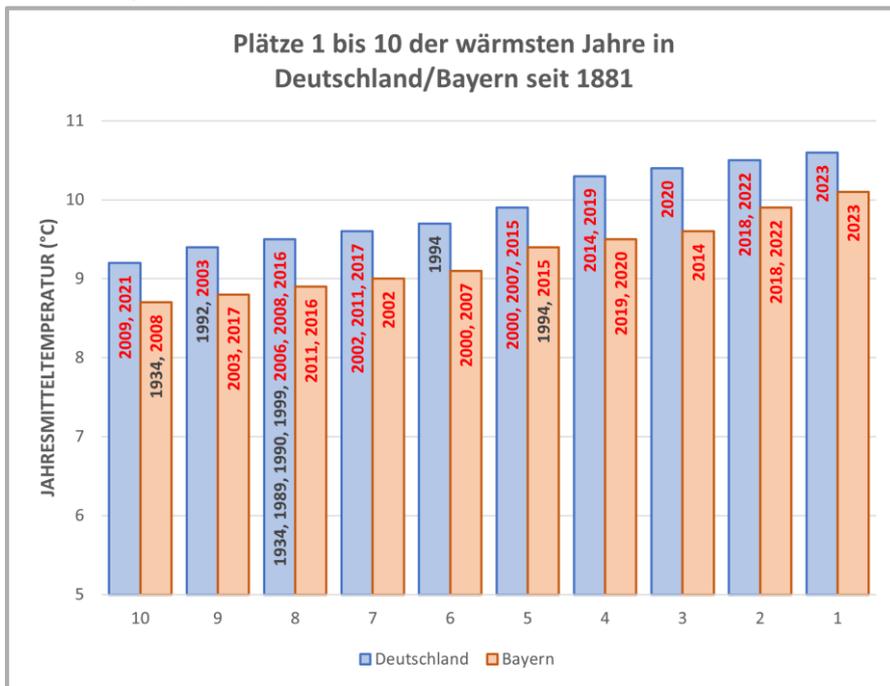


Historische Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in Bayern, 1881-2023

Erklärung: Die gelben Punkte sind einzelne Jahreswerte. Die rote gestrichelte Linie stellt den Trend im betrachteten Zeitraum dar. Die grüne gestrichelte Linie ist der Mittelwert des Vergleichszeitraums 1961-1990 (7,5°C).

Quelle: DWD, <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html?nn=344886#buehneTop>;
Stand 05.03.2024.

Abbildung 2 (Seite 7): beinhaltet nun auch das Jahr 2023



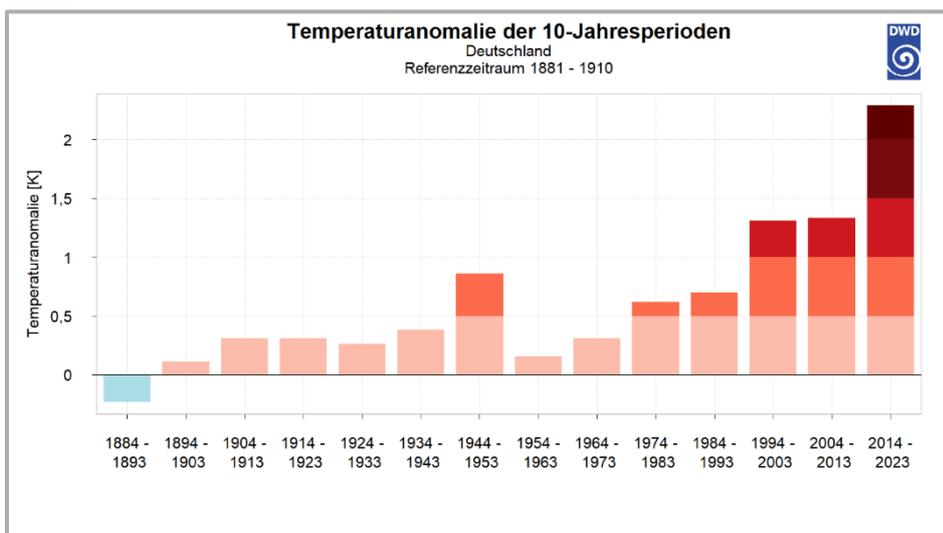
Plätze 1 bis 10 der wärmsten Jahre in Deutschland/Bayern seit 1881

Erklärung: Die blauen Säulen stehen für Deutschland, die orangenen Säulen für Bayern. Je höher die Säulen, desto höher war im jeweiligen Jahr die durchschnittliche Temperatur. Rote Zahlen markieren Jahre nach der Jahrtausendwende.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: DWD: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html?nn=344886#buehneTop>; Stand 18.03.2024.

Abbildung 3 (Seite 7): Die ursprüngliche Grafik bezieht sich auf Bayern, die jüngste Dekade ist hier 2011-2020. Für Deutschland gibt es eine neuere Version, hier ist die jüngste Dekade 2014-2023.

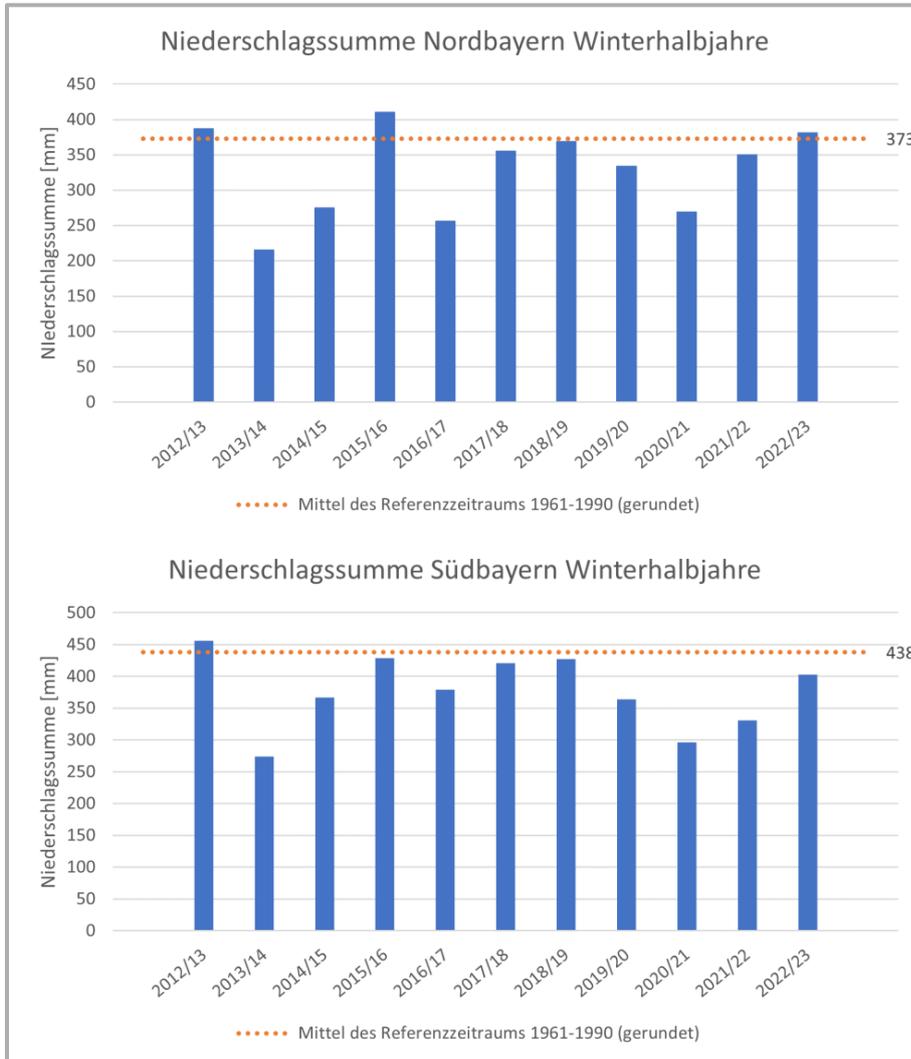


10-Jahres-Mittelwerte der Jahresdurchschnittstemperaturen für Deutschland

Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher lagen die durchschnittlichen Jahrestemperaturen im jeweiligen Jahrzehnt.

Quelle: DWD (2024): Klimatologischer Rückblick auf 2023: Das bisher wärmste Jahr in Deutschland, S. 6.

Abbildung 8 (Seite 12): beinhaltet nun auch das Winterhalbjahr 2022/23



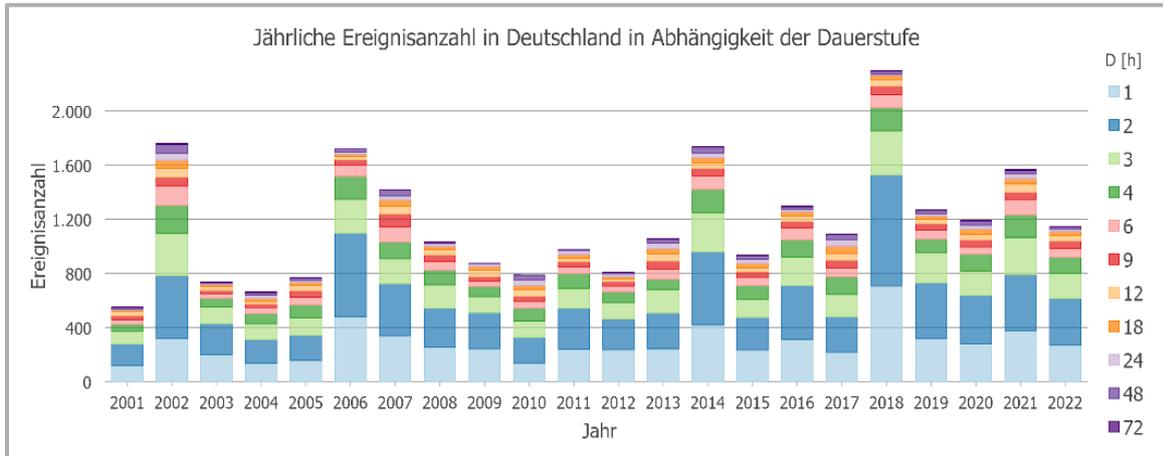
Niederschlagssummen der Winterhalbjahre ab 2012/13

Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher war die Niederschlagsmenge des jeweiligen Winterhalbjahres. Die gestrichelte Linie markiert den Durchschnitt des Referenzzeitraums 1961-1990.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: Schriftliche Anfrage, Drs. 18/24560 und Niedrigwasser-Lageberichte des LfU, <https://www.nid.bayern.de/lage/archiv>, z. a. 18.03.2024.

Abbildung 9 (Seite 13): beinhaltet nun auch die Jahre 2021 und 2022



Anzahl der Starkregenerenisse in Deutschland pro Jahr, 2001-2022

Erklärung: Je höher die Säulen, desto mehr Starkregenerenisse gab es in den jeweiligen Jahren. Die farbigen Abschnitte zeigen an, wie viele dieser Ereignisse jeweils wie lange andauerten.

Quelle: DWD (2023), RADKLIM-Bulletin Nr. 03 – Offenbach.

Tabelle 2: (Seite 16): beinhaltet nun auch das Jahr 2022

Jahr	Grundwasserneubildung Defizit gegenüber 1971-2000 [%]
2012	-7
2013	+13
2014	-36
2015	-32
2016	-9
2017	-15
2018	-32
2019	-22
2020	-29
2021	-13
2022	-31

Defizit der Grundwasserneubildung in Bayern seit 2012

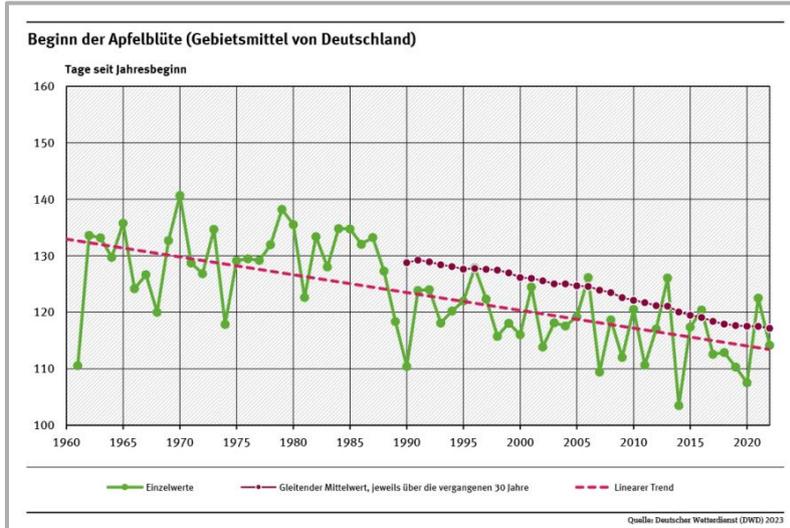
Erklärung: Seit 2014 ist die Grundwasserneubildungsrate in Bayern jedes Jahr (meist deutlich) niedriger als im Durchschnitt des Vergleichszeitraums 1971-2000.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: Schriftliche Anfrage, Drs. 18/24560; und LfU:

https://www.lfu.bayern.de/wasser/gewaesserkundlicher_jahresbericht_2022/grund_bodenwasser/verlauf_niedrigwasser/index.htm; z. a. 19.03.2024.

Abbildung 13 (Seite 19): beinhaltet nun auch das Jahr 2022

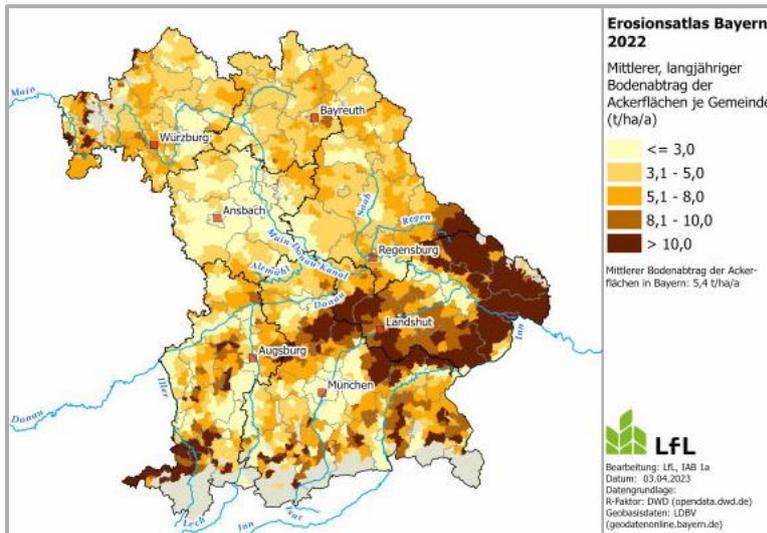


Beginn der Apfelblüte in Deutschland, 1960-2022

Erklärung: Je niedriger die grünen Punkte, desto früher setzte im jeweiligen Jahr die Apfelblüte ein. Die rot gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend an, der deutlich macht, dass die Apfelblüte immer früher einsetzt. Die purpurne Linie zeigt den gleitenden Mittelwert der letzten 30 Jahre an.

Quelle: UBA, <https://www.umweltbundesamt.de/bild/beginn-der-apfelbluete>; Stand 05.03.2024.

Abbildung 16 (Seite 22): zeigt nun die Situation vom 03.04.2023 anstelle des 27.05.2019

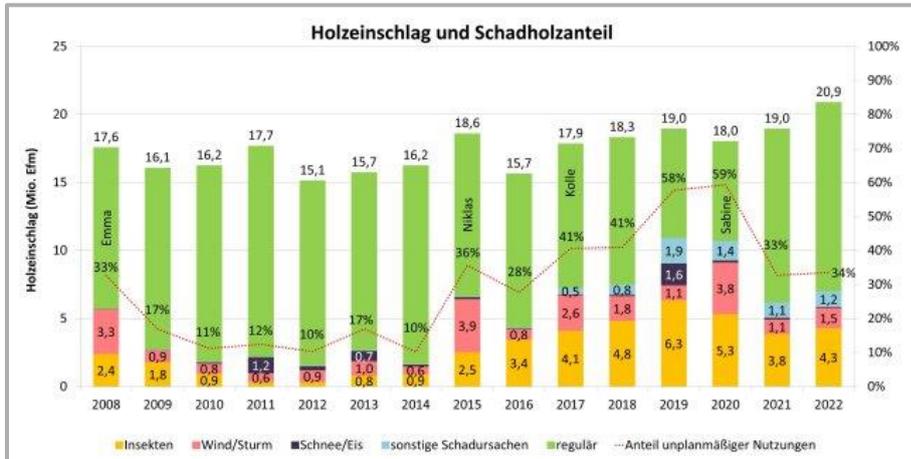


Mittlerer, langjähriger Bodenabtrag von Ackerflächen

Erklärung: Je dunkler die Flächen, desto stärker ist der mittlere, langjährige Bodenabtrag in der jeweiligen Gemeinde (Stand: 2023).

Quelle: LfL: <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/029288/>; Stand 05.03.2024.

Abbildung 19 (Seite 25): beinhaltet nun auch das Jahr 2022

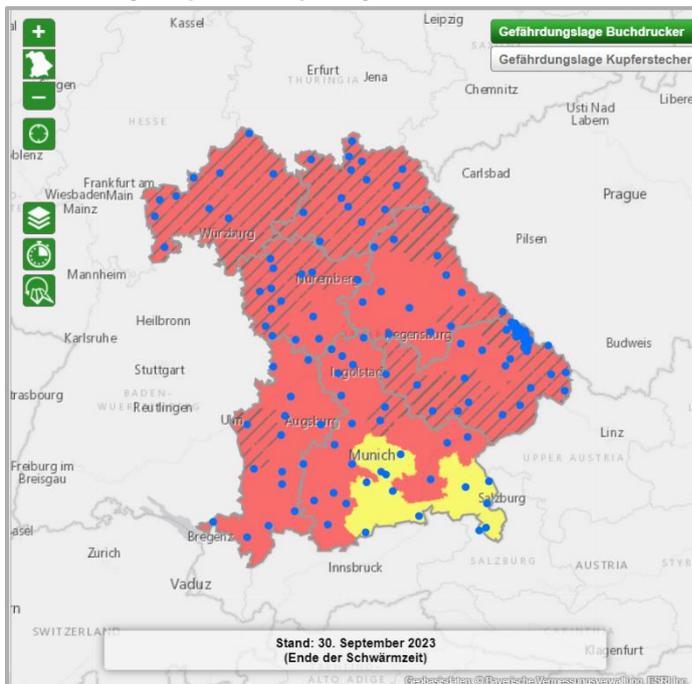


Holzeinschlag und Schlagholzanteil in Bayern, 2008 bis 2022

Erklärung: Je höher die Säulen, desto höher war der Holzeinschlag im jeweiligen Jahr. Die Farben stehen für unterschiedliche Ursachen des Einschlags. Grün ist der reguläre Einschlag. Alle anderen Farben stehen für Einschlag aufgrund von Schadensursachen: gelb für Insekten, pink für Wind/Sturm, dunkelblau für Schnee/Eis und hellblau für Sonstige. In Jahren mit großen Stürmen war der Anteil an Holzeinschlag aufgrund von Wind/Sturm (pink) meist hoch (2008, 2015, 2017, 2020). Allgemein ist zu erkennen, dass der Anteil von regulärem Einschlag sinkt, während der Anteil von Einschlag aufgrund von Schadensursachen steigt.

Quelle: LWF: <https://www.lwf.bayern.de/forsttechnik-holz/holzmarkt/051095/index.php>; Stand 05.03.2024.

Abbildung 22 (Seite 29): zeigt nun die Situation vom 30.09.2023 anstelle des 30.09.2022

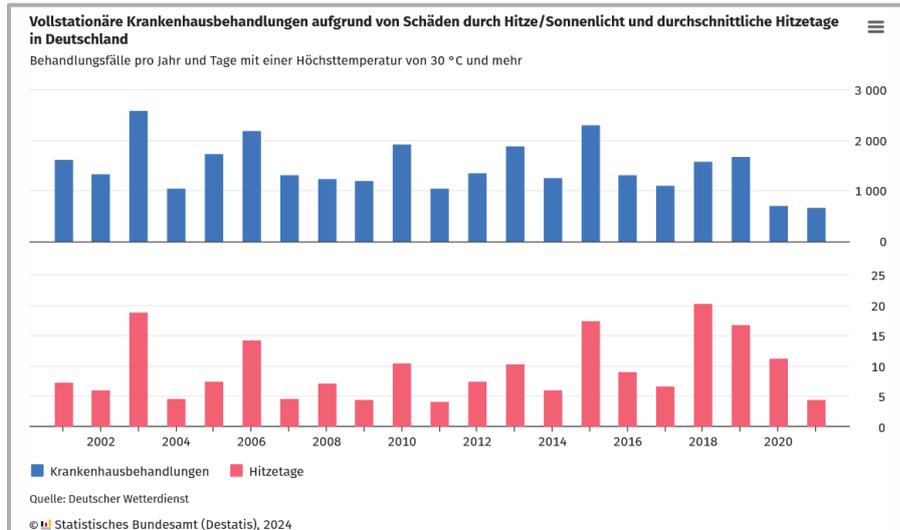


Gefährdungslage Buchdrucker in Bayern, Stand 30.09.2023 (Ende der Schwärmzeit)

Erklärung: Grüne Flächen stehen für keine Gefahrenstufe (hier nicht vorhanden), gelbe Flächen für Warnstufe, rote Flächen für Gefährdungsstufe. Bei zusätzlicher blauer Schraffierung herrscht akuter Stehendbefall.

Quelle: LWF: <https://www.fovgis.bayern.de/borki/>; Stand 05.03.2024.

Abbildung 25 (Seite 34): beinhaltet nun auch das Jahr 2021



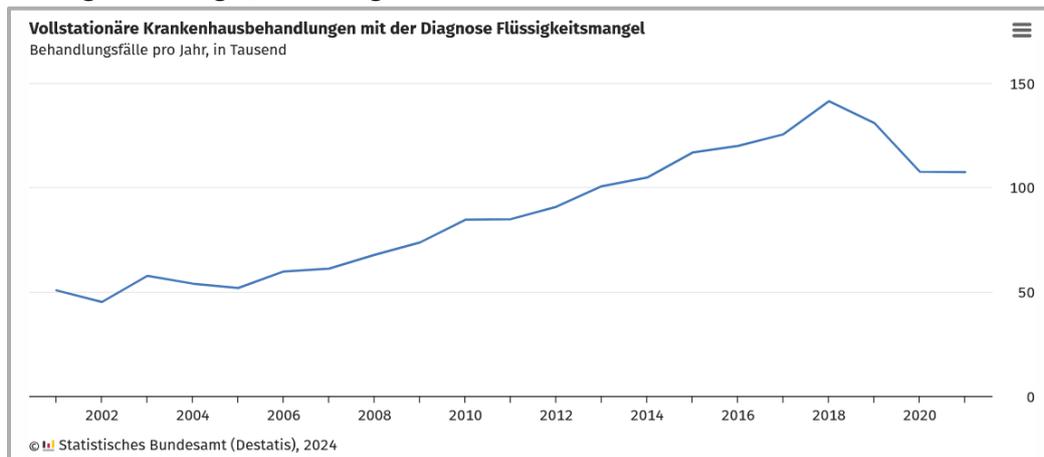
Krankenhausbehandlungen wegen Hitze/Sonnenlicht (oben) und Hitzetage in Deutschland (unten), 2001-2021.

Erklärung: Oben abgebildet ist die Zahl der Krankenhausbehandlungen von Schäden durch Hitze/Sonnenlicht pro Jahr. Unten abgebildet ist die durchschnittliche Zahl der Hitzetage pro Jahr in Deutschland. Deutlich zu sehen ist, dass in Jahren mit vielen Hitzetagen meist auch entsprechend viele Krankenhausbehandlungen stattfinden.

Quelle: DESTATIS,

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/06/PD23_N039_231.html; Stand 18.03.2024.

Abbildung 26 (Seite 35): beinhaltet nun auch das Jahr 2021, allerdings nur bezüglich Flüssigkeitsmangel, ohne Angabe zu Hautkrebs.



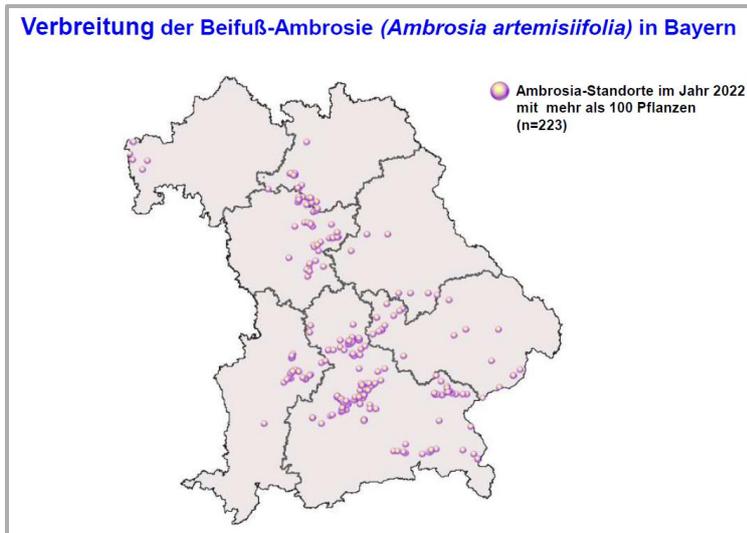
Krankenhausbehandlungen wegen Flüssigkeitsmangel, 2001-2021

Erklärung: Die Linie stellt die Zahl der Krankenhausbehandlungen mit der Diagnose Flüssigkeitsmangel pro Jahr dar. Im Trend des betrachteten Zeitraums 2001 bis 2021 ist eine klare Zunahme zu erkennen. Im besonders heißen Jahr 2018 zeigt sich ein vorläufiger Höhepunkt.

Quelle: DESTATIS,

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/06/PD23_N039_231.html; Stand 18.03.2024.

Abbildung 27 (Seite 35): zeigt die Situation des Jahres 2022 (223 Ambrosia-Standorte) anstelle von 2018 (240 Ambrosia-Standorte). Es fehlt die Angabe der Standorte, an denen in den Jahren zwischen 2007 und 2021 Ambrosia gefunden wurden.

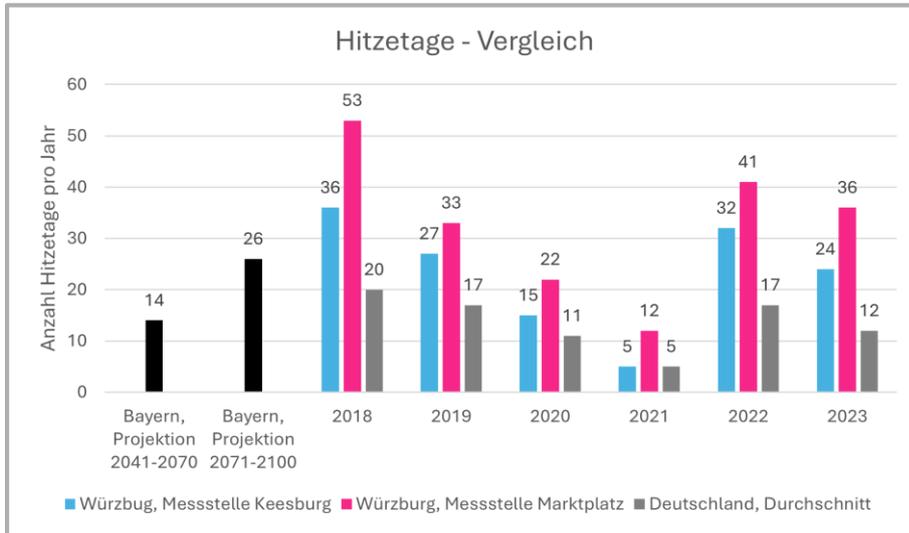


Verbreitung der Beifuß-Ambrosie in Bayern, 2022

Erklärung: Die Punkte zeigen Standorte, an denen 2022 mehr als 100 Exemplare der Beifuß-Ambrosie gefunden wurden.

Quelle: LfL (2023): Verbreitung der Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) in Bayern, S. 4.

Abbildung 29 (Seite 38): beinhaltet nun auch das Jahr 2023



Hitzetage in Würzburg: Darstellung des Wärmeinseleffekts

Erklärung: Die innerstädtische Messstelle am Marktplatz (magentafarbene Säulen) misst deutlich mehr Hitzetage als die außerhalb gelegene Messstelle an der Keesburg (blaue Säulen), was den Wärmeinseleffekt verdeutlicht. Beide Stationen messen regelmäßig (deutlich) mehr Hitzetage als im deutschlandweiten Durchschnitt (graue Säulen). In Hitzejahren messen sie sogar schon heute mehr Hitzetage pro Jahr als im bayernweiten Mittel für Mitte/Ende des Jahrhunderts (schwarze Säulen) erwartet werden (Szenario RCP8.5 ohne Klimaschutz). Die Werte sind teilweise gerundet.

Quelle: eigene Darstellung

Daten: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Klima-Faktenblätter Alpen – Klima der Vergangenheit und Zukunft, Infoblatt – Augsburg

Wetterkontor: <https://www.wetterkontor.de/wetter-rueckblick/monats-und-jahreswerte.asp?id=209>; z. a. 20.03.2024.

UBA: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-heisse-tage#die-wichtigsten-fakten>; z. a. 20.02.2023.

TUM/StMUV: Projekt “Klimaerlebnis Würzburg”:

<https://webarchiv.it.ls.tum.de/klimaerlebnis.wzw.tum.de/das-projekt/index.html>; z. a. 20.03.2024.

AKTUALISIERTE QUELLEN

Einige der im Positionspapier genutzten Quellen (s. Quellenverzeichnis, S. 49-54) sind nicht mehr verfügbar. Folgende Quellen können als Ersatz zur Information genutzt werden:

- 19) Süddeutsche Zeitung (SZ), 28.09.2022: <https://www.sueddeutsche.de/panorama/hurrikan-ian-kuba-stromausfall-florida-1.5665180>; z. a. 18.03.2024.
- 62) BR (2018): <https://www.br.de/nachrichten/bayern/hitze-und-badende-als-gefahr-fuer-fische-in-der-isar-Qzxtmjh>, z. a. 18.03.2024.
- 95) Deutscher Feuerwehrverband (2022): <https://www.feuerwehrverband.de/rekord-waldbrandsommer-2022-fast-4300-hektar-wald-verbrannt-waldeigentuemern-und-feuerwehren-fordern-finanzielle-unterstuetzung-fuer-praeventionsmassnahmen/>; z. a. 18.03.2024; und WDR: <https://reportage.wdr.de/katastrophenschutz-eure-fragen-zur-bundestagswahl#chapter-195>; z. a. 18.03.2024.
- 132) Umweltbundesamt (2019): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen/nutzung-belastungen/wie-verbessern-wir-den-zustand-unserer-seen#eutrophierung-hauptursache-des-unbefriedigenden-oder-schlechten-okologischen-zustands-der-seen>; z. a. 18.03.2024; und SWR (2023): <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/suedbaden/fischsterben-wegen-hitze-in-suedbaden-verhindern-100.html>; z. a. 18.03.2024.
- 183) WHO (2022): <https://www.who.int/europe/de/news/item/27-07-2022-staying-safe-in-the-heat--health-advice-for-times-of-extreme-temperature-and-wildfires>; z. a. 18.03.2024; und DWD: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/hitzewarnung/hitzewarnung.html>; z. a. 18.03.2024; und LGL: https://www.lgl.bayern.de/gesundheit/praevention/sonne_hitze/hitze_sonne_schutz.htm; z. a. 18.03.2024.