

POSITIONSPAPIER

KLIMA ÜBERHITZUNG

Folgen und Anpassung.

Klimaüberhitzung- Folgen und Anpassung

I. Vorwort

Jahr für Jahr werden neue Rekorde gebrochen: Heißestes Jahr, längste Dürreperiode, massivster Starkregen, geringste Schneebedeckung, frühester Zeitpunkt der Apfelblüte, höchste Dichte an Borkenkäfern, und Vieles mehr. Mit größter Wucht treffen die Naturkatastrophen gerade die ärmsten Menschen - im Südpazifik, in der Sahelzone, in Bangladesch - aber auch reiche Länder wie die USA können sich vor den ungebremsten Naturgewalten nicht mehr schützen.

Die Klimaüberhitzung ist die größte Herausforderung für die Menschheit und Ursache von Krisen und Flucht weltweit. Die Wüstenbildung schreitet voran und riesige Flächen gehen jährlich für die heutige Intensiv-Landwirtschaft verloren, so zum Beispiel in der Sahelzone. Und Millionenstädte sind vom steigenden Meeresspiegel bedroht.¹

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 auch Entwicklungen, die Mut machen und Lösungen aufzeigen. Die Erneuerbaren Energien haben eine sagenhafte Entwicklung vorzuweisen. Die Umstellung auf saubere Energien wird auch aus ökonomischer Sicht immer interessanter. Die Beschlüsse der Weltklimakonferenz in Paris geben Hoffnung.

Im vorliegenden Papier beschreiben wir die durch Klimaüberhitzung bedingten Veränderungen in einzelnen Bereichen. Grundlage sind die Prognosen vieler Wissenschaftler*innen für die nächsten Jahrzehnte. Im letzten Kapitel geben wir einen Überblick über notwendige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Eine wichtige Voraussetzung für die Bewältigung der Herausforderungen der Klimaüberhitzung ist eine genaue Analyse. Doch neben Geld für eine fundierte Analyse der Klimafolgen stellt die Bayerische Staatsregierung viel zu wenig Mittel für den Klimaschutz zur Verfügung. Deshalb konnten die CO₂-Emissionen im Freistaat seit 1990 kaum reduziert werden. Ein Armutszeugnis für ein reiches Bundesland, welches einerseits bereits deutlich von den Klimafolgen betroffen ist und andererseits für rund 100 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen jährlich verantwortlich zeichnet.²

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 wollen, dass Verantwortung übernommen wird und schließlich die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden.

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

¹ Atlas der Umweltmigration, oekom Verlag München 2017

² Klimaschutzkonzept Strom (<http://www.martin-stuempfig.de/klimaschutz/klimaschutzkonzepte.html>)

Inhalt

I. Vorwort.....	1
II. Exkurs Klimafolgen weltweit.....	4
III. Klimafolgen in Bayern.....	5
3.1 Stand und Prognosen der Temperaturentwicklung.....	6
>>> Temperaturentwicklung bis heute.....	6
>>> Prognose für künftige Temperaturentwicklungen.....	9
>>> Permafrost und seine Bedeutung als Klimaindikator.....	11
3.2 Niederschlagsentwicklung - Trends und Prognosen.....	11
>>> Trend der bisherigen Niederschlagsentwicklung.....	11
>>> Prognosen für die nahe Zukunft 2021-2050.....	12
3.3 Folgen für die Wasserwirtschaft.....	14
>>> Niedrigwasserabflüsse und Hochwasserereignisse.....	14
>>> Grundwasser und Trinkwasserversorgung.....	14
3.4 Folgen für die Gewässerqualität.....	17
3.5 Folgen für die Landwirtschaft.....	17
>>> Schäden an Kulturen durch Extremwetterereignisse.....	18
>>> Häufigere, längere Trocken- und Hitzeperioden.....	19
>>> Häufung von Unwettern, Hagel und Sturm.....	20
>>> Bodenerosion.....	20
>>> Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall.....	22
3.6 Folgen für Forstwirtschaft.....	23
>>> Natürliche Verbreitungsgebiete verschieben sich.....	23
>>> Steigendes Anbaurisiko für bestimmte Baumarten.....	24
>>> Folgen von Hitze und Trockenheit für den Wald.....	25
>>> Klimabedingtes Waldsterben.....	26
>>> Waldschädlinge und Pathogene, die von der Klimaüberhitzung begünstigt werden.....	26
3.7 Folgen für Naturschutz und Biodiversität.....	27
>>> Moore, sensible Arten und Ökosysteme.....	28
>>> Besonders stark trifft es die Alpen.....	30
>>> Veränderungen in der Artenvielfalt und Zusammensetzung.....	31
>>> Neue Arten (Neobiota).....	31
>>> Geänderte Lebensbedingungen in den Fließgewässern.....	33
>>> Folgen für Badegewässer.....	34
3.8 Folgen für die menschliche Gesundheit.....	35
3.9 Klimafolgen in Städten und Ballungszentren.....	38

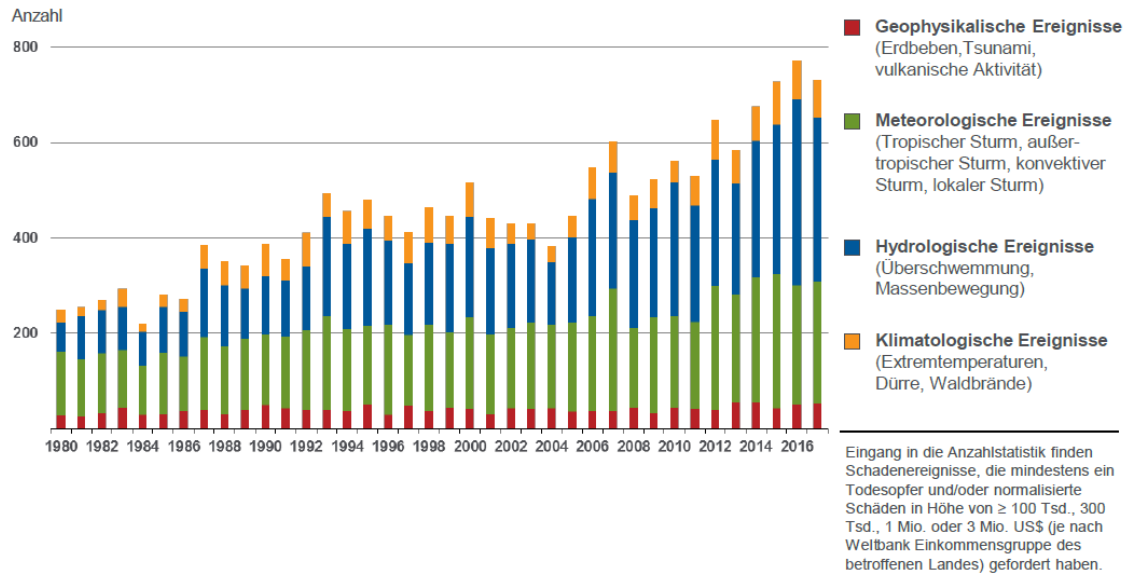
3.10 Freizeitnutzung und Tourismus	40
>>> Badegewässer	41
>>> Wintertourismus und Zukunft der bayerischen Skigebiete	41
IV. Anpassung an die Klimaüberhitzung - Unsere Maßnahmen	42
4.1 Wasserwirtschaft	42
>>> Ziele.....	42
>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	42
4.2 Landwirtschaft	43
>>> Ziele.....	43
>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	43
4.3 Forstwirtschaft.....	45
>>> Ziele.....	45
>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	45
4.4 Naturschutz und Biodiversität	46
>>> Ziele.....	46
>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	47
4.5 Schutz der menschlichen Gesundheit.....	47
>>> Ziele.....	47
>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	47
4.6 Siedlungsgebiete.....	49
>>> Ziele.....	49
>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	49
4.7 Freizeitnutzung und Tourismus	51
>>> Ziele.....	51
>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele	51
V. Quellenverzeichnis	52
5.1 Literaturverzeichnis	52
5.2 Internetquellen	52

II. Exkurs Klimafolgen weltweit

Indien, Bangladesch, Haiti, USA, Dominikanische Republik - die Liste der Länder, die allein im September 2017 besonders hart von Auswirkungen der Erdüberhitzung getroffen wurden, könnte noch um viele Länder ergänzt werden. In Indien und den angrenzenden Staaten war der Monsun in jenem Jahr so unberechenbar, dass in manchen Regionen Dürre herrschte, während andere Regionen überschwemmt wurden. In der Karibik hinterließ Hurrikan Irma eine Spur der Verwüstung. Noch nie hatten Meteorologen einen so starken und so langanhaltenden Hurrikan gemessen. Nur wenige Tage zuvor ließ Hurrikan Harvey Houston in den Fluten untergehen. Hurrikans sind zu dieser Jahreszeit keine Seltenheit. Jedoch war die Temperatur im Golf von Mexiko und der Karibik in besagtem Zeitraum mit über 30 Grad Celsius auf einem Rekordhoch. Diese Warmwassertemperatur heizte die Hurrikans mächtig an und die Zerstörungskraft war gewaltig. Die wärmere Luft konnte zudem mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Die Starkregenereignisse mehrten sich. Bei großflächigen Überschwemmungen wie in Houston hatte auch der gestiegene Meeresspiegel einen großen negativen Einfluss, da er den Abfluss vom Land ins Meer abbremste. Hinzu kamen die hausgemachten regionalen Probleme. Das ungebremste Wachstum der Großstädte treibt die Versiegelung immer weiter voran. Es gibt immer weniger Versickerungsflächen. Im Jahr 2018 verwüstete der historisch starke Hurrikan Michael große Teile Floridas.³

Dies sind nur Schlaglichter einer kurzen Zeitspanne. Die Liste würde sich noch lange fortsetzen lassen, und es ist davon auszugehen, dass es auch zukünftig zu Naturkatastrophen mit ähnlich dramatischen Folgen kommen wird. Die Münchner Rückversicherung listet die Schadensereignisse detailliert auf und zeigt eine deutliche Zunahme.

³ https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema_des_Tages/3374/hurrikan-michael-wirbelsturm-mit-historischem-ausmass-fuer-die-usa



© 2018 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, NatCatSERVICE – Stand Februar 2018

Abbildung 1: Schadenereignisse weltweit 1980-2017, Anzahl relevanter Ereignisse, Quelle: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, NatCat Service, Stand Februar 2018 (https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4BfPYf29FsYJ:https://www.bkg.bund.de/SharedDocs/Downloads/BKG/DE/Downloads-Veranstaltungen/Jahrestagung-2018/MunichRE-Geodaten-Digitalisierung-Siebert.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D2+%&cd=9&hl=de&ct=clnk&gl=de&client=firefox-b-d)

Besonders hart trifft es die Ärmsten der Armen. In vielen Ländern verlieren die Menschen ihr komplettes Hab und Gut; und meist ist kein gut funktionierender, reicher Staat im Hintergrund, der mit milliardenschwerer Aufbauhilfe zur Seite stehen kann. Weltweite Anstrengungen für einen konsequenten, vorbeugenden Klimaschutz und für eine Unterstützung der armen Länder bei Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen sind dringend notwendig.

III. Klimafolgen in Bayern

Wenn von einer Erwärmung um 2 bis 3°C 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 jährliche Durchschnittstemperatur während der letzten Eiszeit nur 4 bis 5°C unter der heutigen lag.

Auch in Bayern und Deutschland sind klimatisch bedingte Unwetter längst keine Seltenheit mehr. Betrachtet man die regionalen Stürme, kommt man nicht umhin, Vivian und Wiebke zu erwähnen, die zwei heftigsten von neun Orkantiefs, die von Januar bis März 1990 über Mitteleuropa zogen. Besonders Bayern und Hessen litten unter den Auswirkungen. Zu diesen zählten 60 Millionen Kubikmeter gefälltes Holz in ganz Deutschland, versperrte Straßen und Bahnlinien, abgedeckte Dächer, und nicht zuletzt über 100 Todesopfer.⁴ Vielen ist wohl auch der Orkan Niklas noch ein

⁴ <https://www.wissen.de/sturm-katastrophen-deutschland>

Begriff, der am 31. März 2015 über Deutschland fegte. An der Zugspitze wurden in der Spitze Windgeschwindigkeiten von 192 km/h gemessen. Damit zählt Niklas zu den heftigsten Märzstürmen - und dies, obwohl so heftige Stürme am Ende des Monats, also nach Frühlingsanfang, eigentlich nicht mehr zu erwarten sind. Auch hier waren Tote zu beklagen.⁵ Versicherungen gingen von einem materiellen Gesamtschaden von rund 750 Millionen Euro aus.⁶

Im Juni 2019 zog ein schwerer Sturm mit Hagel und Starkregen durch Schwaben und Oberbayern. An mehreren Orten wurde von Hagelkörnern in Golfballgröße berichtet; allein im Stadtgebiet München gab es mehr als 550 Feuerwehr-Einsätze. Auf dem Ammersee und Starnberger See kenterten durch den Sturm mehrere Boote. Der Flugverkehr war vollständig lahmgelegt; Autobahnen und Schienennahverkehr streckenweise stundenlang gesperrt. Dächer und Autoscheiben wurden zerstört; im Allgäu verletzte ein umfallender Baum drei Personen.⁷ Nur etwa zwei Monate später, am 18. August 2019, hinterließ ein schweres Unwetter mit sogenannten Fallböen enorme Schäden im Raum Aschaffenburg, insbesondere in den Gemeinden Kahl und Alzenau. Betroffen waren circa 375 Hektar Wald, wobei eine Schadholzmenge von 87.000 Festmetern anfiel.⁸

3.1 Stand und Prognosen der Temperaturentwicklung

>>> Temperaturentwicklung bis heute

Bayern ist aufgrund geografischer Gegebenheiten bereits heute stark vom Klimawandel und seinen Folgen betroffen.⁹ Die mittlere Jahrestemperatur in den letzten hundert Jahren stieg bayernweit um 0,8°C. Dies liegt über dem globalen Durchschnitt von 0,7°C. Die stärkste Temperaturerhöhung vollzog sich in den letzten beiden Jahrzehnten. Seit 1881 liegen flächendeckende Messungen vor: Fünf der zehn wärmsten Jahre in Bayern waren die vergangenen fünf Jahre (Stand: Juli 2019).¹⁰

⁵ Dr. Heaseler, S., Lefebvre, C.: Orkantief Niklas wütet am 31. März 2015 über Deutschland, DWD, 02.04.2015 (https://www.dwd.de/DE/presse/hintergrundberichte/2015/Orkantief_NIKLAS_PDF.pdf?__blob=publicationFile&v=2)

⁶ <https://www.gdv.de/de/themen/news/sturm--niklas--verursacht-schaeden-in-hoehe-von-750-millionen-euro-13946>

⁷ <https://www.br.de/nachrichten/bayern/verletzte-nach-schwerem-gewitter-in-oberbayern,RT00OuR>

⁸ Antwort der bayerischen Staatsregierung auf schriftliche Anfrage der Grünen Celina, Friedl, Knoblach MdL zu den Sturmschäden im Alzenauer Wald (Ufr.), Drucksache 18/4469

⁹ Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Klimaprogramm Bayern 2020 (<https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/06/Klimaprogramm-Bayern-2020.pdf>)

¹⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/weltweite-temperaturen-extremwetterereignisse-seit#textpart-2>

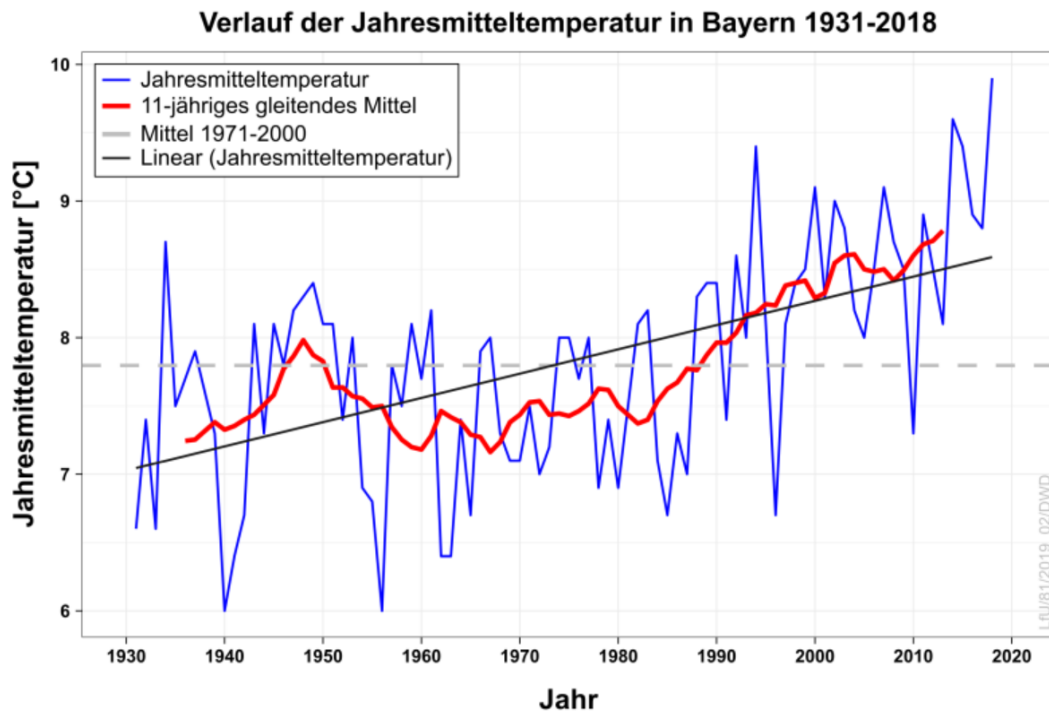


Abbildung 2: Verlauf der Jahresmitteltemperatur in Bayern für den Zeitraum 1931 - 2018, Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU (https://www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/klimaveraenderung/lufttemperatur/index.htm)

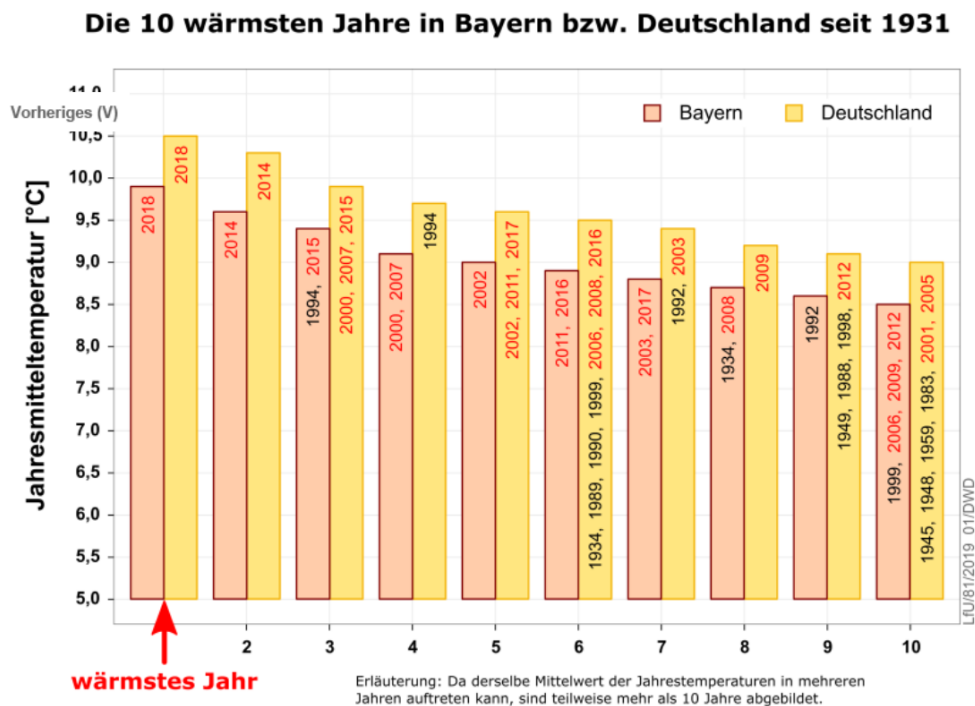


Abbildung 3: Plätze 1 bis 10 der wärmsten Jahre in Bayern bzw. Deutschland seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnung, Quelle: LfU (https://www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/klimaveraenderung/lufttemperatur/index.htm)

Die Erhöhung war regional jedoch sehr unterschiedlich ausgeprägt. So fiel gerade die Erwärmung des sensiblen Alpenraums in den letzten 50 Jahren doppelt so stark aus wie im globalen Durchschnitt.¹¹

¹¹ Deutscher Wetterdienst DWD, Landesamt für Umweltschutz LfU 2016

In den Ostalpen betrug der Anstieg in den letzten 100 Jahren ca. 2°C. Im nördlichen Alpenraum ist die mittlere Temperatur in nur 30 Jahren sogar um 1,6°C angestiegen - mit steigender Tendenz.

Tab. 2: Trends der Lufttemperatur: Monats-, Halbjahres- und Jahreswerte in °C/85 Jahre in den KLIWA-Regionen; Mittelwerte über die Gebiete und den Zeitraum 1931 bis 2015. Die Signifikanzniveaus sind durch unterschiedliche Hintergrundfarben dargestellt.

Region	m ü. NN	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	WHJ	SHJ	Jahr
Hoch- u. Oberrhein	451	+2,0	+1,2	+1,2	+0,9	+1,1	+1,0	+1,3	+1,4	-0,1	+1,5	+0,9	+2,3	+1,3	+1,0	+1,2
Neckar	428	+2,3	+1,4	+1,6	+1,2	+1,3	+1,2	+1,6	+1,8	+0,2	+1,4	+1,0	+2,5	+1,5	+1,2	+1,5
Donau-Bodensee	453	+2,2	+1,1	+1,5	+1,0	+1,3	+1,1	+1,3	+1,5	-0,1	+1,4	+0,8	+2,2	+1,3	+1,1	+1,3
Iller-Lech	674	+2,3	+1,2	+1,5	+1,0	+1,4	+1,2	+1,4	+1,6	-0,2	+1,4	+0,8	+2,3	+1,4	+1,1	+1,3
Mittlere Donau	452	+2,7	+1,6	+1,7	+1,3	+1,4	+1,1	+1,5	+1,7	+0,1	+1,2	+1,0	+2,4	+1,6	+1,1	+1,5
Isar-Inn	639	+2,5	+1,6	+1,8	+1,3	+1,6	+1,2	+1,4	+1,6	-0,1	+1,3	+0,9	+2,1	+1,5	+1,1	+1,4
Bayer. Mittelgebirge	535	+2,7	+1,6	+1,6	+1,4	+1,3	+0,8	+1,4	+1,6	0,0	+1,0	+1,1	+2,2	+1,6	+1,0	+1,4
Oberer Main	404	+2,4	+1,3	+1,4	+1,1	+1,0	+0,6	+1,2	+1,4	-0,1	+0,9	+0,9	+2,2	+1,4	+0,8	+1,2
Unterer Main	319	+2,3	+1,4	+1,6	+1,1	+0,9	+0,6	+1,3	+1,4	+0,1	+1,0	+1,0	+2,3	+1,5	+0,9	+1,2
Nahe-Mittelrhein	284	+2,1	+1,6	+1,5	+1,3	+1,0	+0,8	+1,4	+1,5	+0,1	+1,3	+1,1	+2,4	+1,5	+1,0	+1,4
Mosel-Sieg	356	+1,9	+1,4	+1,4	+1,3	+1,0	+0,6	+1,4	+1,3	0,0	+1,3	+1,0	+2,0	+1,4	+0,9	+1,2

Signifikanz	S < 80 %	80 % ≤ S < 90 %	90 % ≤ S < 95 %	95 % ≤ S < 99 %	S ≥ 99 %

Abbildung 4: Lufttemperatur in den KLIWA-Regionen im Zeitraum 1931-2015, Quelle: KLIWA-Monitoringbericht 2016, Lufttemperatur – Zusätzliche Auswertungen, S.10 (https://www.kliwa.de/_download/Lufttemperatur_KLIWA_MB_2016.pdf)

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

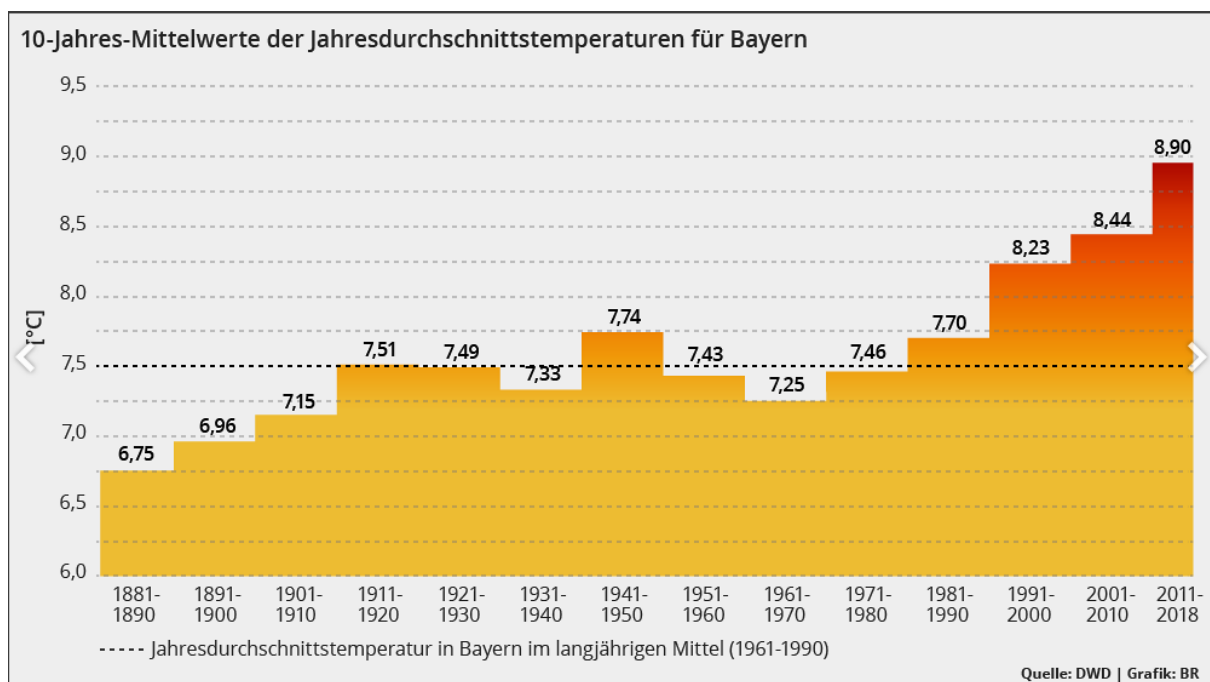


Abbildung 5: 10-Jahres-Mittelwerte der Jahresdurchschnittstemperaturen für Bayern, Quelle: Bayerischer Rundfunk (<https://www.br.de/klimawandel/bayern-temperaturen-rekorde-klimawandel-100.html>)

>>> Prognose für künftige Temperaturentwicklungen

Die Prognosen zeigen angesichts der fortschreitenden Klimaerwärmung eine weitere Verstärkung des bisherigen Temperaturtrends. Entsprechend werden sich die beobachtbaren Klimafolgen weiter verschärfen. Der prognostizierte Temperaturanstieg in Bayern bewegt sich zwischen 2,3°C und 3,6°C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Er kann aber auch bis zu 4,5°C betragen, wie das Bayerische Umweltministerium in seinem Klimareport darlegt.¹² In den Alpen wird ein Temperaturanstieg um weitere 1,4°C bis 2050 und zwischen 3°C und 5°C bis 2100 erwartet.

Für fast alle Monate wird die mittlere Lufttemperatur in den nächsten Jahrzehnten steigen, insbesondere in den Monaten Dezember und Januar. Die Temperaturverschiebungen werden in ganz Bayern zu einer signifikanten Verlängerung der Vegetationsperiode führen, mit spürbaren Folgen für die Landwirtschaft (>>> siehe: **2.4 Folgen für die Landwirtschaft**). Mit der "Wetterlagenbasierten Regionalisierungsmethode" WETTREG¹³ werden globale Simulationen der Klimaentwicklungen auf die Regionen heruntergebrochen. WETTREG stützt sich auf Daten von tausenden Wetterstationen. Im Modell WETTREG 2010 wird die mittlere jährliche Änderung (innerer Ring), die mittlere jahreszeitliche Änderung (mittlerer Ring) und die mittlere monatliche Änderung (äußerer Ring) dargestellt.

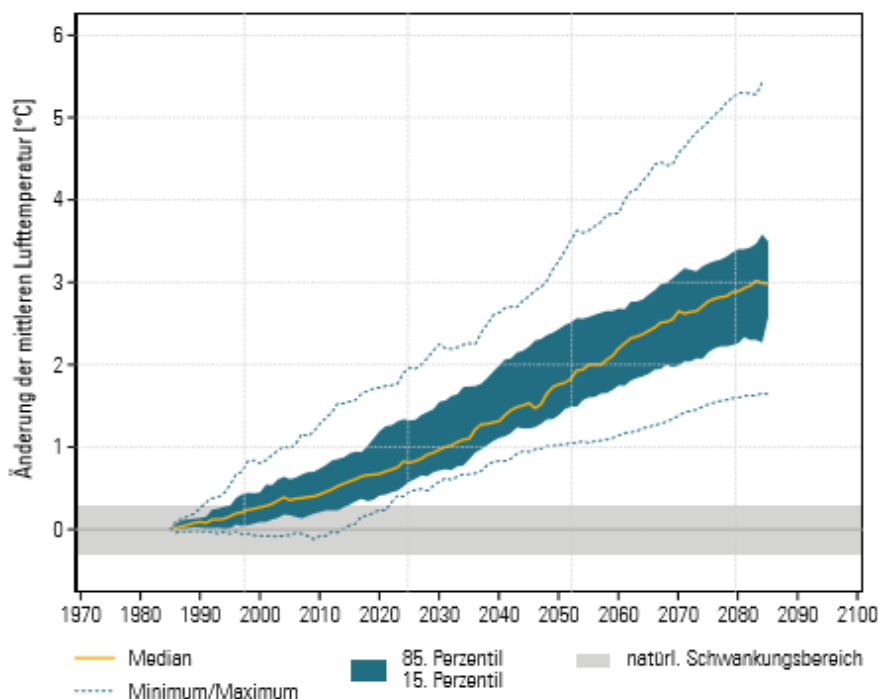


Abbildung 6: Änderung des 30-jährigen Mittelwertes nach dem Emissionsszenario A1B, Quelle: Bayerische Klimaanpassungsstrategie 2016, S.20

([https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmuv_klima_009,AARTxNODENR:349824,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmuv_klima_009,AARTxNODENR:349824,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X))

¹² Klima-Report Bayern (2015) Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, S.40 (<https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/forschung/klimareport2015.htm>)

¹³ <http://www.cec-potsdam.de/wettreg.html>

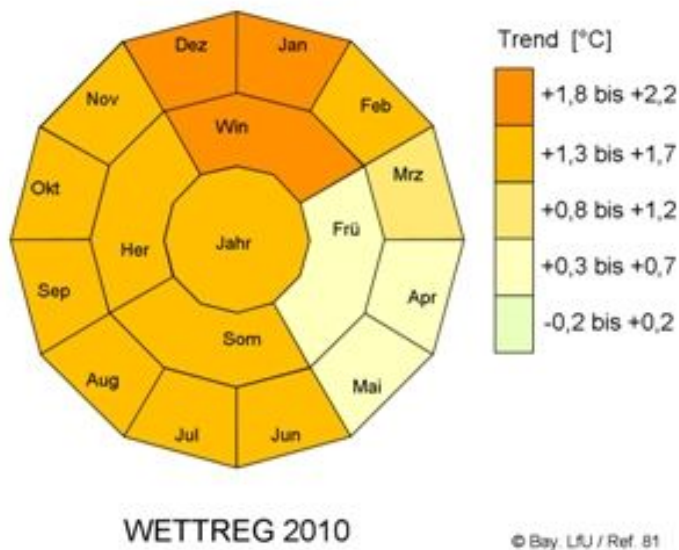


Abbildung 7: Änderungssignal der Mitteltemperatur in Bayern von 2021-2050 gegenüber 1971-2000, Quelle: LfU (https://www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/klimaentwicklung/lufttemperatur/index.htm)

Die Temperaturerhöhung wird in Bayern zu mehr heißen Tagen im Jahr führen. Dieser Effekt wird sich vor allem in den Ballungsräumen durch die prognostizierten Wachstumsraten von Siedlungs- und Verkehrsflächen weiter verstärken, da sich versiegelte Flächen besonders stark erwärmen.

Indikator	1971-2000	2021-2050	2071-2100
Heiße Tage (Tmax > 30°C)	5	↑ 5-19	↑ 7-35
Sommertage (Tmax > 25°C)	32	↑ Südbayern 35-53 Nordbayern 32-47	↑ Südbayern 41-83 Nordbayern 41-77
Frosttage (Tmin < 0°C)	109	↓ 97-73	↓ 73-49
Eistage (Tmax < 0°C)	30	↓ 21-9	↓ 21-0

Abbildung 8: Veränderung der klimatologischen Kenntage in Bayern mit Darstellung zunehmender bzw. abnehmender Tendenz, Quelle: Bayerische Klimaanpassungsstrategie 2016, S.23 ([https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmu_v_klima_009,AARTxNODENR:349824,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmu_v_klima_009,AARTxNODENR:349824,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X))

Die Anzahl der Sommertage mit Tageshöchsttemperaturen über 25°C wird sich voraussichtlich im Mittel um 50 % erhöhen. Besonders starke Erhöhungen sind in den Regionen Isar-Inn und Oberer Main zu erwarten.

Die Anzahl der heißen Tage mit Tageshöchsttemperaturen über 30°C werden sich im Vergleich zu 1971 voraussichtlich verdoppeln.¹⁴ Gleichzeitig werden Frost- (außer in der Region Oberer Main) und Eistage um 20 bzw. 30 Prozent abnehmen. In den mittleren und tieferen Lagen wird sich die Schneedeckendauer dadurch erheblich verringern.

¹⁴ Das bayerische Mittelgebirge (Bayrischer Wald, Oberpfälzer Wald, Fichtelgebirge, Frankenwald, Rhön) ausgenommen.

Die regionale Verteilung der oben beschriebenen Kenntage in Bayern wird im Klimareport Bayern ausführlich dargestellt.¹⁵ Tatsächlich hat sich 2018 zum Beispiel in Würzburg die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur um 2,6°C erhöht (im Vgl. zum Mittelwert der Jahre 1961-1990).¹⁶ Dabei gab es 36 heiße Tage (Mittelwert 2014-2017: 17) und 105 Sommertage (Mittelwert 2014-2017: 55).¹⁷

Auch die Frostgrenze in den Alpen steigt: Im Sommer liegt sie inzwischen bei über 3.000 Metern, das sind rund 250 Meter höher als noch 1850. Der schnellere Wechsel von Frost und Tauwetter zerbröseln buchstäblich das Gestein und bringt mehr Steinschläge mit sich.¹⁸

>>> Permafrost und seine Bedeutung als Klimaindikator

In Bayern beschränken sich Permafrostgebiete, also Bereiche, bei denen über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren stets Minustemperaturen vorherrschen, auf Gebiete am Zugspitzkamm, dem Allgäuer Hauptkamm und den Watzmann. Insgesamt geht man von ca. 65 km² Fläche aus, in der Permafrost auftreten kann. An der Zugspitze betrug die durchschnittliche Jahrestemperatur 2018 minus 3°C.¹⁹ Zu Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1900 lag die durchschnittliche Jahrestemperatur bei minus 5°C.²⁰

In dem vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) veröffentlichten Bericht²¹ zu den Messergebnissen der Permafrost-Messstation an der Zugspitze sind alle wesentlichen Informationen zum Permafrost in Bayern zusammengefasst. Demnach bewirkte eine Erwärmung um ca. 1,6°C in den letzten 100 Jahren einen deutlichen Rückgang des Permafrostes. Die projizierte weitere Erhöhung der Umgebungstemperatur lässt ein Verschwinden des Permafrostes an der Zugspitze bereits in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts erwarten, so das LfU.

Problematisch sind diese Ergebnisse, da der Permafrost im Hochgebirge eine stabilisierende Wirkung auf den Fels hat. Ein Rückgang des Permafrostes verringert die fels- und eismechanische Stabilität und kann zu Felsinstabilitäten (Steinschlag, Felssturz, Instabilität von Gebäudegründungen) führen.²² Allgemein ist bekannt, dass ein wiederholter Frost-/Tauwechsel das Felsgestein lockert.

3.2 Niederschlagsentwicklung - Trends und Prognosen

>>> Trend der bisherigen Niederschlagsentwicklung

Generell wird in Bayern bereits heute eine Umverteilung des Niederschlagsmaximums vom Sommerhalbjahr ins Winterhalbjahr beobachtet. Im Winterhalbjahr wurden in allen bayerischen Bezirken positive Trends, wenn auch mit unterschiedlicher Stärke und Signifikanz, gemessen.

Starke Niederschlagszunahmen (+15 % bis +22 %) gab es vor allem in Nord- und Mittelbayern. Im nordwestlichen sowie südöstlichen Teil Bayerns sind die Trends dagegen geringer und zeigen keine statistische Signifikanz.

Die größten Zunahmen der Niederschläge wurden in den Wintermonaten November und Dezember sowie im März festgestellt.²³ So nahmen Starkniederschlagsereignisse im Untersuchungszeitraum

¹⁵ Klimareport Bayern 2015, S. 38 ff.

¹⁶ <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/monatswerte-station.asp>

¹⁷ <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/rueckblick.asp?id=209>

¹⁸ Bätzing, Werner: Die Alpen, Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft, 2015

¹⁹ <https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/monatswerte-station.asp?id=10961>

²⁰ <https://www.schneefernerhaus.de/forschung/partner/technische-universitaet-muenchen/permafrost.html>

²¹ Permafrost Messstation am Zugspitzgipfel, Ergebnisse und Modellberechnungen, LfU 2017

²² Krautblatter et al. 2013

²³ Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Bay. Klima-Anpassungsstrategie 2016, S.15 (<https://www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/index.htm>)

1931-2015 im Winterhalbjahr in ganz Bayern zu, mit Ausnahme des Berchtesgadener Lands und der Region Chiemgau. Insbesondere hatte der Nordosten Bayerns stark positive Trends mit bis zu 33 % Häufung zu verzeichnen. Sollte sich diese Entwicklung verstetigen, werden bayernweit speziell im Winterhalbjahr Hochwasserlagen weiter zunehmen.

Im Sommerhalbjahr zeichnete sich ein regional sehr unterschiedliches Bild ab. Insgesamt weist die Mehrzahl der untersuchten Gebiete im Zeitraum 1931 bis 2015 einen leichten Rückgang des Niederschlags auf. In den ohnehin trockenen Regionen im Nordwesten Bayerns (weite Teile von Unterfranken, Teile von Mittel- und Oberfranken) mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen, zeichnet sich ein anhaltender negativer Niederschlagstrend mit Verringerung der durchschnittlichen Niederschlagsmenge im Sommerhalbjahr um -6 % bis -13 % ab. Verstärkt durch die höheren Temperaturen hat die abnehmende Niederschlagsmenge zu einer Häufung von Dürreperioden in den Sommermonaten und zu einer Verknappung der Wasserressourcen geführt.

Im „Dürrejahr“ 2015 (größte Dürre seit 50 Jahren laut DWD) fielen im Deutschlandmittel etwa 10 % weniger Niederschlag als in der Referenzperiode 1961 bis 1990, in Bayern sogar ca. 21 %. Dieser Wert für Bayern wurde 2018 mit 31 % sogar noch deutlich übertroffen.²⁴

Der Niedrigwasser-Lagebericht weist die Niederschläge im hydrologischen Sommerhalbjahr als insgesamt zu niedrig aus. Entsprechend liegen die aktuellen Grundwasserstände und Quellschüttungen an vielen Messstellen in Nordbayern noch im November 2019 in etwa auf dem Niveau des trockenen Vorjahres 2018.²⁵

>>> Prognosen für die nahe Zukunft 2021-2050

Der Trend der Änderung der Niederschlagsmenge für das Sommer- und Winterhalbjahr, wie oben beschrieben, wird sich in naher Zukunft fortsetzen und weiter verstärken. Die Zunahme der

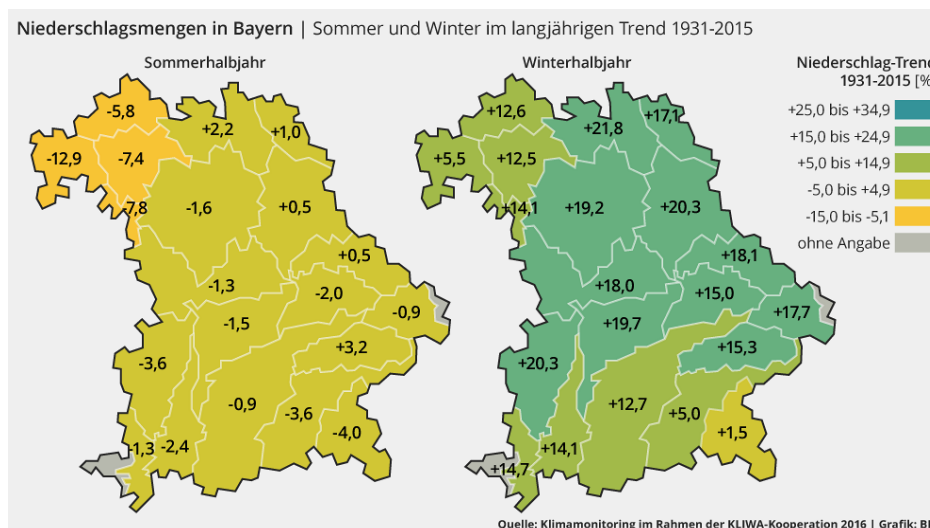


Abbildung 9: Langjähriger Trend der Niederschlagsmengen in den Regionen Bayerns, Quelle: Bayerischer Rundfunk (<https://www.br.de/klimawandel/klimawandel-bayern-folgen-erwärmung-100.html>)

Niederschlagshöhe wird im Winter rund 15 mm betragen, und als Abnahme im Sommer werden ca.

²⁴ <https://www.wetter-by.de/Internet/AM/inetcntrBY.nsf/cuhome.xsp?src=5SN86V135Q&p1=M31Y6HL7P9&p3=N4MWU1A975&p4=4D078O1691>

²⁵ <https://www.nid.bayern.de/lage> vom 5.11.2019

34 mm zu verzeichnen sein. Das heißt, dass eine weitere innerjährliche Verschiebung der Niederschläge vom Sommer- ins Winterhalbjahr stattfinden wird, mit absehbar negativen Folgen für Natur, Land- und Forstwirtschaft. Die Betrachtung der Halbjahre ist deshalb entscheidend. Die absoluten jährlichen Niederschlagsmengen stellen nur eine Seite der Medaille dar.

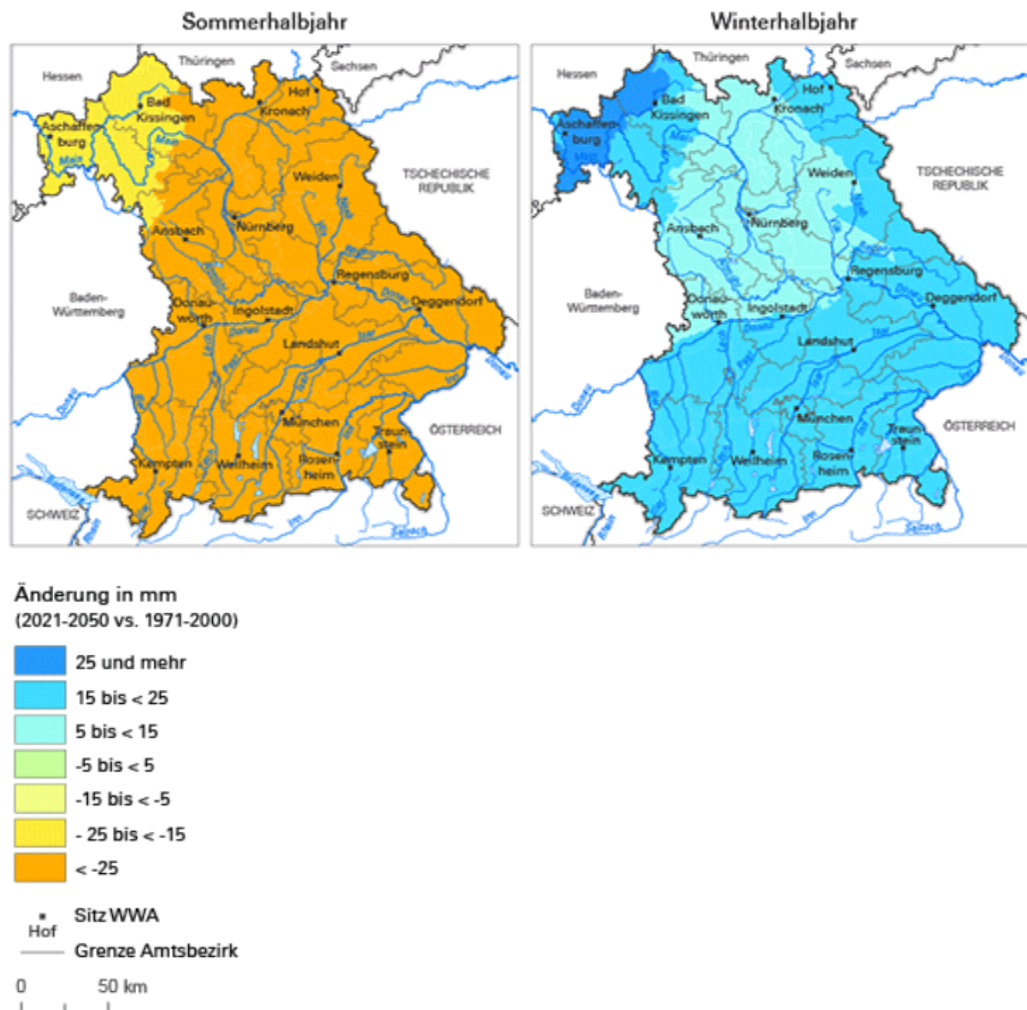


Abbildung 10: Erwartete Änderung der Niederschlagsmenge (in mm) für das hydrologische Sommer- und Winterhalbjahr in naher Zukunft (2021-2050), Quelle: LfU Bayern (https://www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/auswirkungen/wasserbilanzen/index.htm)

Die Zunahme von intensiven Starkniederschlägen, wie sie eindeutig prognostiziert wird, begünstigt zudem Überschwemmungen, Muren und spontane Hangrutschungen. Auch das Schadenspotenzial in Siedlungsräumen wird steigen. Der Deutsche Alpenverein warnt in diesem Zusammenhang vor einer Zunahme solcher Naturgefahren in den Alpen. Größere Hangbewegungen, Fels- und Bergstürze sowie vermehrte Steinschlagaktivität könnten Folge von tauendem Permafrost, Gletscherschmelzen und veränderten Vegetationsbedeckungen sein.

In den Mittelgebirgen und der Alpenregion werden sich die Niederschläge in den Wintermonaten weiter erhöhen. Diese werden aber zunehmend als Regen fallen und seltener als Schnee - mit deutlichen Auswirkungen auf die Hochwassergefahr, wie im folgenden Kapitel erläutert wird.

3.3 Folgen für die Wasserwirtschaft

>>> Niedrigwasserabflüsse und Hochwasserereignisse

Die innerjährliche Verschiebung der Niederschläge vom Sommer- ins Winterhalbjahr wird voraussichtlich das Abflussverhalten der Fließgewässer hin zu höheren mittleren Abflüssen im Winterhalbjahr verschieben und zu einer starken Zunahme von noch extremeren Hochwässern führen.

Sehr detailliert sind die zunehmenden Starkregenereignisse im KLIWA-Heft Nr. 8 „Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern“ aufgeführt. Für die Zeitreihe 1931-2000 weisen über 90 % der 415 untersuchten Niederschlagsstationen in Süddeutschland eine Zunahme von Starkregenereignissen auf. Die Höhe der Zunahme beträgt im Winter 20 % bis 25 %. In den Sommermonaten weisen 50 % bis 60 % der Stationen eine Zunahme auf. Die Intensität der Zunahme liegt allerdings nur bei 2 bis 4 %.²⁶

Da der Niederschlag aufgrund der steigenden Temperaturen zunehmend als Regen fällt, wird die winterliche Zwischenspeicherung von Niederschlag als Schnee abnehmen. Dies hat Auswirkungen auf das Abflussregime der Fließgewässer, sowie auf die Grundwasserneubildung. Die Hochwassergefahr im Winter wird steigen und die Abflüsse im Frühjahr werden zurückgehen. Die zunehmenden Starkregenereignisse verursachen vermehrt Hochwasserproblematiken. Bei Temperaturen um die null Grad können jedoch Starkschnee-Ereignisse wie im Winter 2018/19 sein, die durch Schneebruch, Lawinen und Dacheinstürze zu massiven Sachschäden führen.

Während im Mai und Juni 2013 großräumiger Starkniederschlag zu extremen Hochwasserabflüssen und Überschwemmungen in Bayern führte und die Wasserstände vielerorts neue Rekordstände erreichten, traten im November 2011 sowie in den Sommern 2015 und 2018 Niedrigwasserperioden als Folge extremer Trockenheit auf.

Die Häufung der Trockenperioden in den Sommermonaten steigert die Wahrscheinlichkeit der Abflüsse im Niedrigwasserbereich. Extreme Niedrigwerte bei den Abflüssen führen immer häufiger zu Problemen für die Schifffahrt. So in den Sommern 2015 und 2018, als an vielen Flüssen Schifffahrt nur noch sehr eingeschränkt möglich war. Verringerte Abflüsse können auch negative Folgen für die aquatischen Lebensgemeinschaften (Lebewesen im Wasser) nach sich ziehen.

>>> siehe: 3.7 Folgen für Naturschutz und Biodiversität

Bei Fortsetzung des heutigen Trends werden bis Ende des Jahrhunderts beinahe alle Gletscher in den Alpen verschwunden sein - mit Auswirkungen auf die lokale Wasserverfügbarkeit. Es wird daher für die nahe Zukunft im Sommer eine verringerte Grundwasserneubildung südlich der Donau erwartet.

>>> Grundwasser und Trinkwasserversorgung

Erhöhte Niederschläge im Winter können aufgrund der begrenzten Aufnahmefähigkeit des Bodenspeichers nur bedingt zur Neubildung des Grundwassers beitragen und die Defizite des Sommers kaum ausgleichen. So ist nahezu bayernweit von einer geringeren Grundwasserneubildung in naher Zukunft auszugehen.

²⁶ KLIWA Heft Nr. 8: Langzeitverhalten der Starkniederschläge in Baden-Württemberg und Bayern, S. 32 (http://www.kliwa.de/_download/KLIWAHeft8.pdf)

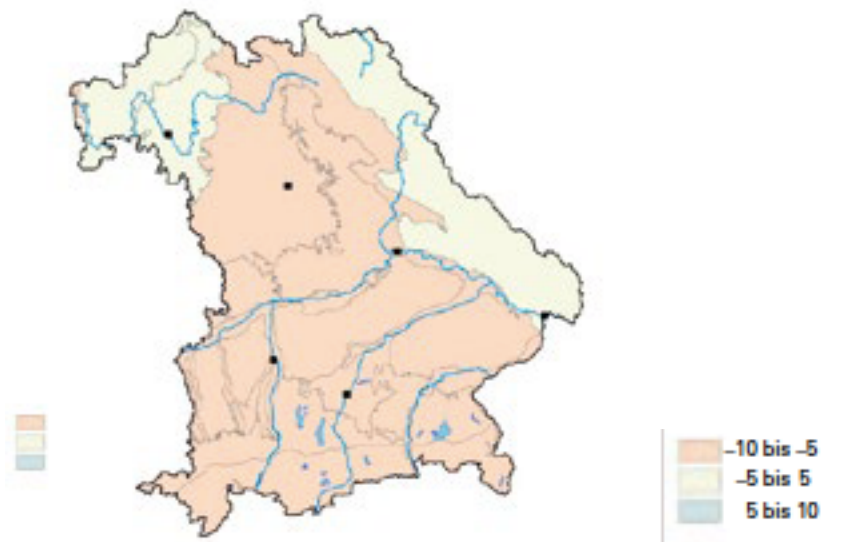


Abbildung 11: Projizierte relative Änderung (in %) der Grundwasserneubildung in naher Zukunft (2021-2050) innerhalb der Naturräume Bayerns anhand der Projektion WETTREG2006, Quelle: Klima-Report Bayern 2015, S.62 ([https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=1891408038&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmuv_klima_008,AARTxNODENR:344861,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=1891408038&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmuv_klima_008,AARTxNODENR:344861,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X))

Die geringen Grundwasserstände nach dem niederschlagsarmen Winter 2014/2015 sanken durch anhaltende Trockenheit zu Beginn des Sommers 2015 weiter ab. Nicht nur Bayerns Fließgewässer führten zu weiten Teilen Niedrigwasser, sondern auch 37 % der Grundwasser-Messstellen des Landesmessnetzes erreichten im Laufe des Jahres neue Niedrigstwerte.

Im Jahr 2016 und in der ersten Hälfte des Jahres 2017 war die Situation nicht weniger angespannt. Der Niedrigwasser-Lagebericht Bayern schreibt in seiner Ausgabe vom 27.06.17: „64 Prozent der oberflächennahen Grundwassermessstellen weisen niedrige und sehr niedrige Grundwasserstände auf. In den tieferen Grundwasser-Stockwerken zeigen 79 Prozent der Messstellen diese Niedrigwassersituation [...] Witterung: Nach dem niederschlagsarmen Winterhalbjahr bleibt auch der Sommer weiterhin zu trocken [...] Seit Juli 2016 sind in Nordbayern alle Folgemonate zu trocken ausgefallen.“²⁷

Problematisch war die Situation im Jahr 2017 in den tieferen Grundwasser-Stockwerken. Hier wiesen zum Stichtag 1. September 2017 über 30 Stationen sehr niedrige Grundwasserstände auf. Vier Messtationen meldeten Rekordwerte beim Niedrigststand.²⁸ Von Jahresbeginn 2019 bis zum Stichtag 02. Juli 2019 zeigten stets deutlich mehr als 50% aller tiefen Grundwassermessstellen niedrige oder sehr niedrige Werte an; zum Stichtag lag dieser Anteil sogar bei nahezu drei Vierteln.²⁹

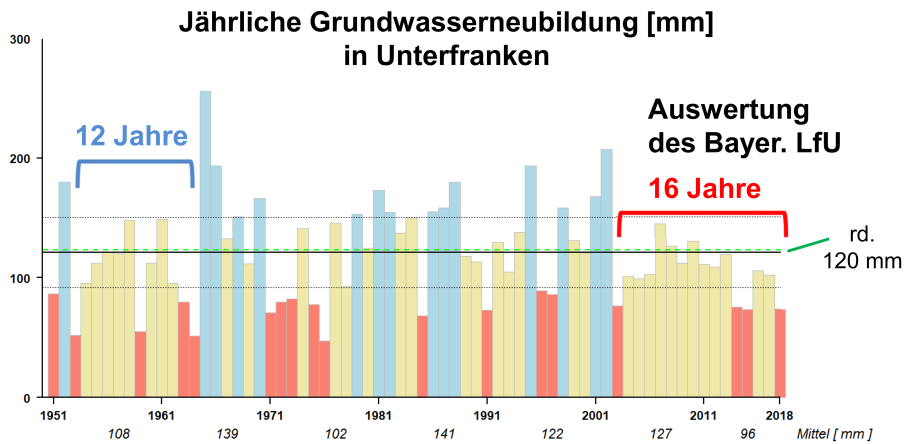
Seit 16 Jahren liegt in Unterfranken die jährliche Niederschlagsmenge unter dem langjährigen Mittel der Jahre 1991-2010 (siehe folgende Grafik).

²⁷ <http://nid.bayern.de/lage/archiv/99>

²⁸ http://nid.bayern.de/grundwasser/tiefere_stockwerke

²⁹ Niedrigwasser-Lagebericht Bayern, 02.07.19 (<https://www.nid.bayern.de/>)

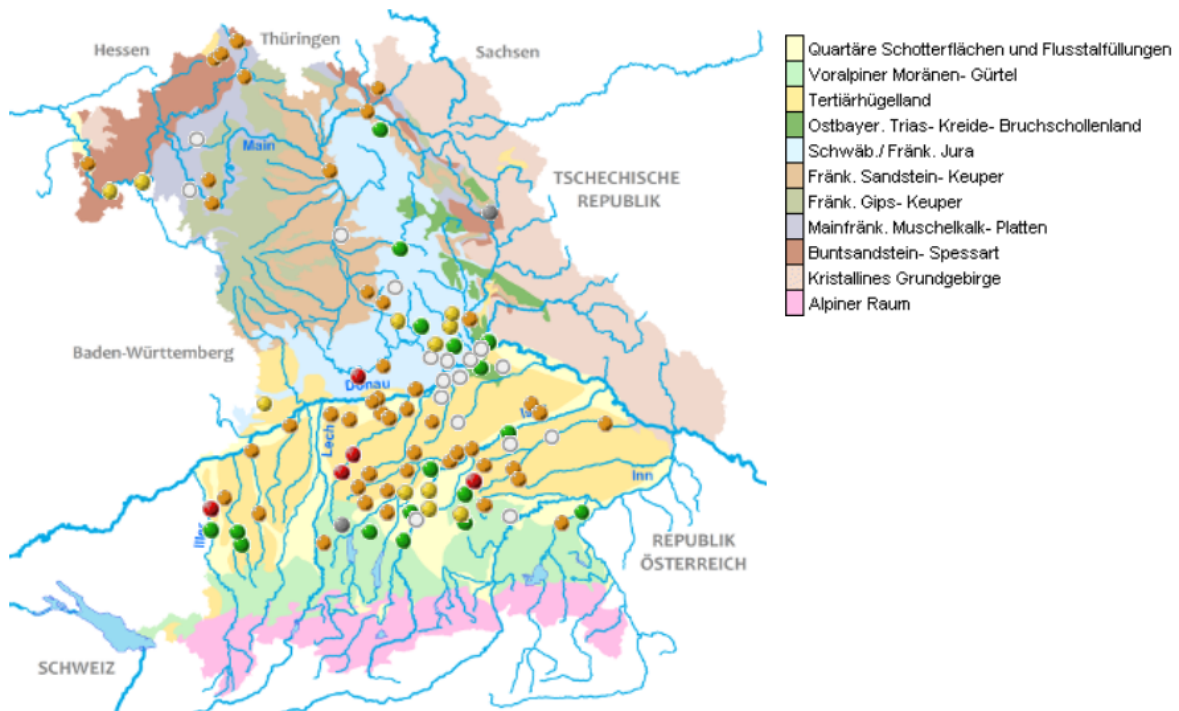
Variation der Grundwasserneubildung



Daten: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2019.

Tiefere Grundwasser-Stockwerke

Grundwasserstände vom: << Di, 23.07.2019 >>



- Grundwassermessstelle △ Quelle
- neuer niedrigstwert ● sehr niedrig ● niedrig
- kein niedrigwasser ● keine Klassifizierung ○ derzeit keine Daten

Abbildung 12: Grundwasserstände Bayerns in den tieferen Stockwerken, Stand: 23.07.2019, Quelle: LfU, Niedrigwasser-Informationsdienst Bayern (https://www.nid.bayern.de/grundwasser/tiefere_stockwerke)

3.4 Folgen für die Gewässerqualität

Die bayerischen Oberflächengewässer haben sich in den letzten 30 Jahren um durchschnittlich 1,5°C erwärmt. 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 Daten der bayerischen Seen und Flüsse taugen nicht für ein Tourismusprospekt. Hier ist Handeln dringend notwendig.³⁰

Viele Indikatoren zeigen bereits die Gewässererwärmung in Bayerns Seen an. Insbesondere ein verstärktes Wachstum von Algen und Makrophyten wird beobachtet und kann zu ökologischen Problemen wie Sauerstoffkrisen in Folge von Abbauprozessen³¹, aber auch zu Beeinträchtigung der Freizeitnutzung und sogar zu Gefahren für die menschliche Gesundheit führen.

>>> siehe: 3.8 Folgen für die menschliche Gesundheit

3.5 Folgen für die Landwirtschaft

Die Klimaveränderungen werden für die Landwirtschaft viele unterschiedliche negative Folgen haben. Einzelne Änderungen, wie z.B. die zunehmende Verlängerung der Vegetationsperiode, können sich positiv auf den Ertrag einiger Nutzpflanzen auswirken. So etwa bei der Wein-Spätlese oder beim Maisanbau. Es wird aber keine Region in Bayern geben, die unterm Strich von der Klimaüberhitzung profitiert. Beim Obstbau und Weinbau steigt beispielsweise durch die frühere Blüte das Risiko für Spätfröste - und damit für Einbußen und Ausfälle bei der Ernte - erheblich. Dies war im Jahr 2017 deutlich zu sehen. Durch den bis dahin wärmsten März seit Beginn der Wetteraufzeichnung standen Obstkulturen bereits in der Vollblüte und der Wein war längst ausgetrieben. In dieser besonders empfindlichen Phase führten bundesweite Spätfröste Ende April zu hohen Schäden im Wein- und Obstbau. In manchen Regionen lag der Ausfall bei über 80 %.³²

Im folgenden Dürrejahr 2018 lagen die Hektarerträge bei Getreide³³ deutschlandweit um 18,6 % unter dem Durchschnitt der drei vorausgegangenen Jahre. Während der Rückgang in Bayern noch knapp unter der 10 %-Marke lag, waren vor allem die norddeutschen Bundesländer sehr stark betroffen (Schleswig-Holstein mit 31 %; Brandenburg mit 27,4 %; Sachsen-Anhalt mit 25,6 %; Mecklenburg-Vorpommern mit 25,4 %).³⁴

Dies geht einher mit einem enormen ökonomischen Schaden. Die Gesamtverluste der Landwirtschaft aus dem Jahr 2018 werden auf 770 Millionen Euro beziffert. 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 wird ausschließlich kleinen und mittleren Unternehmen zuteil, die durch die Dürre in existenzielle Not

³⁰ <http://www.martin-stuempfig.de/de/news/detailansicht/article/zustand-der-gewaesser-die-zahlen-taugen-nicht-fuer-einen-tourismusprospekt.html>

³¹ Beim Verrotten der abgestorbenen Pflanzen(-teile) zum Beispiel nach Algenblüten im See wird viel Sauerstoff verbraucht, was zu Sauerstoffkrisen im See führen kann.

³² <https://www.topagrar.com/news/Acker-Agrarwetter-Ackernews-Hohe-Millionenschaeden-durch-grossflaechigeSpaetfroeste-8125461.html>

³³ Angaben ohne Körnermais und Corn-Cob-Mix

³⁴ Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Ernte 2018 – Mengen und Preise, Stand August 2018 (https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Markt-Statistik/Ernte2018Bericht.pdf?__blob=publicationFile)

geraten sind (bei Rückgang der durchschnittlichen Jahreserzeugung um mehr als 30 %). Der Zuschuss deckt 50 % des entstandenen Schadens, bzw. maximal 500.000 Euro pro Betrieb.³⁵

Das „Bayerische Hilfsprogramm Grundfutterzukauf Dürre 2018“ fördert zusätzlich den Zukauf von Futter für Raufutterfressern (z.B. Rinder, Schafe, Pferde), der durch die Trockenheit 2018 nötig war. Auch hier beträgt der Zuwendungsanteil 50 % der Ausgaben der Betriebe, oder höchstens 5.000 Euro je Unternehmen.³⁶

Die bayerische Landwirtschaftsministerin forderte im April 2018, Hilfszahlungen nach Katastrophen abzuschaffen und durch eine bessere Absicherung der Bauern gegen Dürreschäden zu ersetzen. Dies könne in Form einer staatlich geförderten Mehrgefahrenversicherung am besten erreicht werden.³⁷

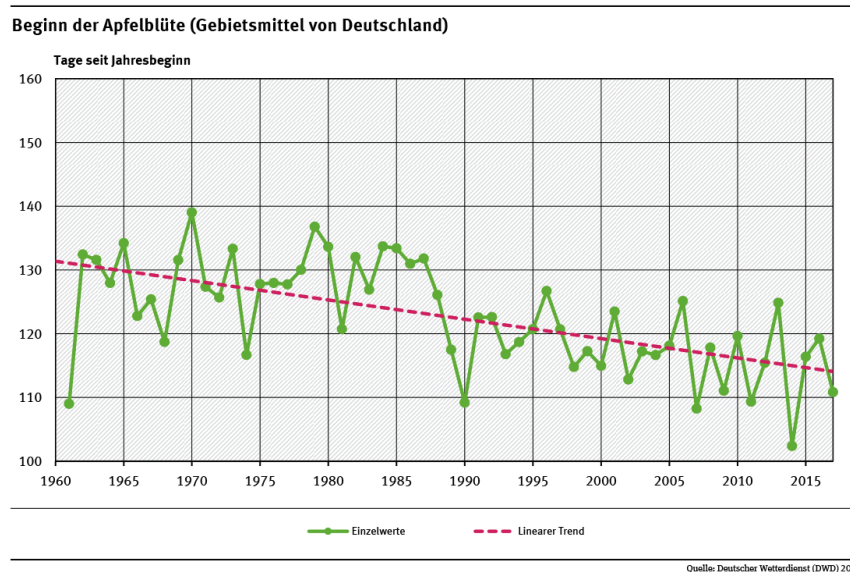


Abbildung 13: Beginn der Apfelblüte in Deutschland, Quelle: Umwelt-Bundesamt (<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/veraenderung-der-jahreszeitlichen>)

Das früher einsetzende Pflanzenwachstum (siehe Abb. 13) aufgrund der wärmeren Temperaturen im Frühling führt zu Verschiebungen in der Synchronizität zwischen den Lebenszyklen von Pflanzen, Bestäubern, Pathogenen, Schädlingen und deren Gegenspielern. So deuten die derzeitigen Erkenntnisse darauf hin, dass die früher eintretenden Blühzeiten der Pflanzen nicht mehr mit dem Bienenflug übereinstimmen und sich daraus negative Folgen für die Imkerei und für den Obstbau ergeben werden. Ein Sonderforschungsprogramm, das den Einfluss der Klimaüberhitzung auf die Honigbienen erforscht, ist noch nicht abgeschlossen und die detaillierten Ergebnisse bleiben abzuwarten.

>>> Schäden an Kulturen durch Extremwetterereignisse

Da sich Extremwetterereignisse in den letzten Jahren häuften und klimawandelbedingt weiter zunehmen werden, ist mit erheblichen negativen Folgen für die Ertragssicherheit der bayerischen Landwirte zu rechnen. Die Hitzewellen in den Sommern 2015 und 2018 beispielsweise führten durch

³⁵ https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachhaltige-Landnutzung/Klimawandel/_Texte/Extremwetterlagen-Zustandigkeiten.html

³⁶ <https://www.stmelf.bayern.de/agrarpolitik/foerderung/200252/index.php>

³⁷ <https://www.stmelf.bayern.de/service/presse/pm/2019/217453/>

Dürre, Unwetter und durch die Hitze europaweit zu Ernteaufschlägen in Milliardenhöhe. Die bayerische Landwirtschaft muss sich künftig auf häufigere Extremwetterereignisse einstellen.

>>> Häufigere, längere Trocken- und Hitzeperioden

Der Trockenheitsindex gibt die Füllung des Bodenwasserspeichers an. Bei weniger als 30 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) spricht man von einer geringen Füllung. Die Anzahl der Tage im Jahr mit geringer Füllung steigt in allen Regionen Bayerns, abgesehen vom Oberen Main. Die Trockentage im Sommer werden somit weiter zunehmen. Besonders im Nordwesten Bayerns, zunehmend aber auch im mittleren Bayern, wird diese Sommertrockenheit zu einer ernsthaften Gefahr für die derzeit praktizierte Landwirtschaft: Kulturen wie Getreide, Zuckerrüben oder Frischgemüse bedürfen bereits ab weniger als 40 % nFK einer zusätzlichen Wasserversorgung. Auf Böden mit geringer Wasserhaltekapazität, wie etwa Sand und Tonböden (z.B. Nürnberger Achse oder Steigerwald-Region) fallen Schäden durch Trockenperioden besonders gravierend aus.



Abbildung 14: Dürreerscheinungen in einem Maisfeld Pixaby // Gellinger

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
Trockenheitsindex, SHJ	+77	+6	+76	-1,5	+53	1,7	+48	+7,6	+14	+5,3	+15	+3,4

Abbildung 15: Trockenheitsindex - Mittelwert (MW) und Trend nach KLIWA-Regionen in Bayern im Sommerhalbjahr (SHJ) im Zeitraum 1951-2010, Quelle: Bayerische Klimaanpassungsstrategie 2016, S.19 ([https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmu_v_klima_009,AARTxNODENR:349824,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(artdtl.htm,APGxNODENR:1325,AARTxNR:stmu_v_klima_009,AARTxNODENR:349824,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X))

Dürre kann besonders in sensiblen Wachstumsphasen, während der Blüten-, Blatt- und Fruchtbildung oder der Abreife dramatische Folgen für die Ernteerträge haben. Besonders betroffen

wird die bereits heute trockene Region Unterfranken sein, bei der eine weitere Häufung von Dürreperioden im Sommer mit einer geologisch bedingten geringen Wasserhaltekapazität der Böden zusammenfällt. Aber auch Mittelfranken (besonders das nördliche Westmittelfranken), und viele Gebiete Oberfrankens bzw. der Oberpfalz sind stark betroffen. Die Regionen mit niedrigen Grundwasserständen und die oben genannten Regionen decken sich weitgehend. Somit wird ersichtlich, dass künstliche Bewässerung mittel- und langfristig keine Abhilfe bieten kann. Es wird vielmehr einen „Kampf“ um das Grundwasser geben und über Anbauverbote wird nachgedacht werden müssen.

Hitzestress kann zum Problem für Viehhaltung werden, indem Wachstums-, Milch- oder Reproduktionsleistungen der Tiere eingeschränkt werden. Dies wird insbesondere bei den anfälligeren Hochleistungszuchten auftreten.

>>> Häufung von Unwettern, Hagel und Sturm

Die Datenreihen der Versicherungen sprechen eine deutliche Sprache. Die Schadereignisse nehmen stark zu.³⁸ Unwettern, einschließlich Stürmen und Tornados, kann praktisch nicht durch Anpassung von Produktionsmaßnahmen entgegengewirkt werden. So können diese zu erheblichen, bis hin zu totalen Ernteaussfällen führen.

Als besonders anfällige Kultur gilt der Hopfen: Staunässe schadet der fürs Bier so wichtigen Pflanze und auf Hagel reagiert sie besonders empfindlich. Laut einer Studie³⁹ von 2015 hat die Hallertau, unser wichtigstes Hopfenanbaugebiet, von 2009 bis 2015 fünf schwere Hagelstürme erlitten - fünfmal mehr als normal. Durch die zusätzlich steigenden Versicherungsprämien wird die globale Wettbewerbsfähigkeit des Hallertauer Hopfens künftig möglicherweise beeinträchtigt.

>>> Bodenerosion

Höhere Temperaturen beschleunigen die Zersetzung und Mineralisierung der organischen Substanzen in Böden. Enge Fruchtfolgen, intensive Düngung, hoher Pestizideinsatz sowie der fehlende Eintrag von organischem Material führen zu Humusverlust und zum Verlust der biologischen Vielfalt im Boden. Die Bodenfruchtbarkeit wird geringer. Ist der Boden biologisch verarmt und verdichtet, gehen Wasseraufnahme und Wasserspeicherfähigkeit zurück. Dadurch entsteht ein Oberflächenabfluss und das Wasser fehlt in klimatisch bedingten Trockenzeiten. Durch häufigere Starkregenereignisse werden Erosionserscheinungen wie Bodenabschwemmungen verstärkt auftreten. In Trockenzeiten wird Bodenabtrag durch Wind aufgrund fehlender schützender Hecken und Gehölze zunehmend wahrscheinlicher.

Hauptrisikogebiet mit hohen Bodenabträgen ist das Tertiärhügelland. Hanglagen, leicht erodierbare Böden, die Dominanz des Ackerbaus (teils mit Sonderkulturen), dazu der verbreitete Maisanbau und ein meist geringer Grünlandanteil ergeben eine hohe Erosionsgefährdung.⁴⁰

³⁸ Daten der Münchner Rückversicherung - <https://www.munichre.com/topics-online/de/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/the-natural-disasters-of-2018-in-figures.html>

³⁹ https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/klimaschutz/Studie_-_Klimaauswirkungen_Dland.pdf

⁴⁰ LfL: Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten, 2017, ISSN 1611-4159 (https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/starkregen-bodenerosion_sturzfluten_lfl-schriftenreihe.pdf)

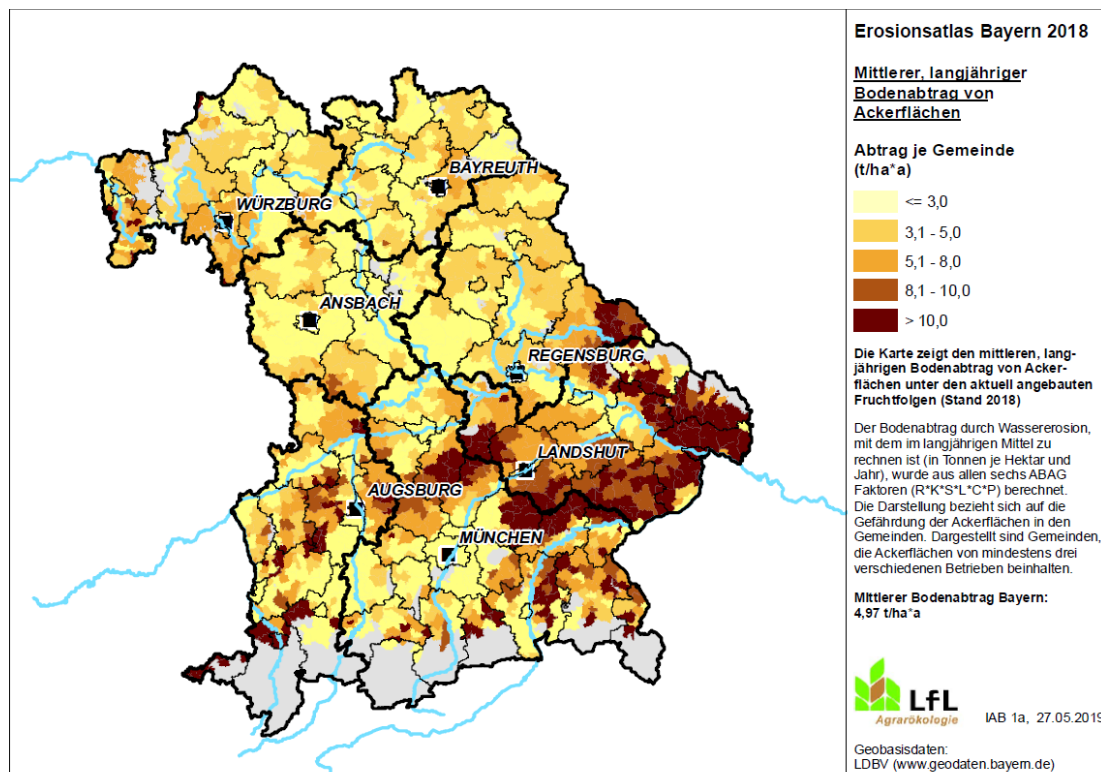


Abbildung 16: Mittlerer, langjähriger Bodenabtrag von Ackerflächen (in Tonnen pro Hektar und Jahr) je Gemeinde, Quelle: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL (<https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/029288/>)

Eine der am meisten erosionsbegünstigenden Kulturen ist der Mais. Nach der Saat bieten die Maispflanzen kaum Bodenbedeckung. Das Blätterdach schließt sich - je nach klimatischer Lage - erst im Juni. Das biologisch verarmte und verdichtete Erdreich ist Niederschlägen nicht nur schutzlos ausgeliefert, sondern auch schnell gesättigt mit Wasser, so dass es nichts mehr aufnehmen kann und daher keinen Schutz bei Starkregenereignissen bietet. So kann ungehindert Boden abgeschwemmt werden, insbesondere bei Äckern in Hanglagen. Nicht nur für die Bodenfruchtbarkeit hat dies negative Folgen. Der tonnenweise abgeschwemmte Oberboden verfüllt 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.

Eine detaillierte Studie zu den Auswirkungen der Starkregenereignisse vom Juni und Juli 2016 hat die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) erstellt. Die Dokumentation zeigt anhand von Bildern und genauen Analysen die Ausmaße der Schäden sehr gut auf.⁴¹

Festzuhalten bleibt: Erosionsbedingte Schäden sind irreversibel. Deshalb ist die Art und Weise der Bewirtschaftung enorm wichtig für den Erosionsschutz. Beispielhaft dafür ist der ökologische Landbau, dessen Böden weit widerstandsfähiger gegen Trockenheit und Erosion sind. Die LfL aktualisiert regelmäßig einen entsprechenden Maßnahmenkatalog⁴², der unter anderem das Anpflanzen von Zwischenfrüchten, den Humuserhalt, Pflege der Regenwürmer und Kalkung des Bodens empfiehlt.

⁴¹ LfL: Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten, 2017

⁴² <https://www.lfl.bayern.de/verschiedenes/ueberuns/158442/index.php>

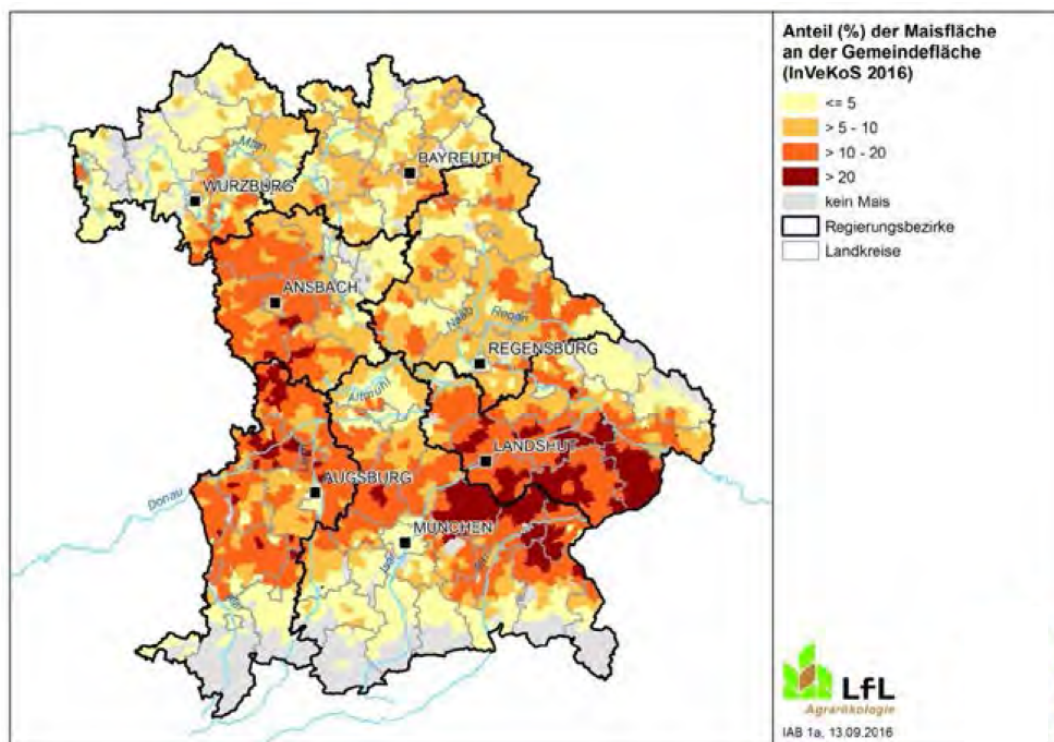


Abbildung 17: Anteil der Maisfläche an der Gemeindefläche in Bayern 2016, Quelle: LfL: Starkregen, Bodenerosion, Sturzfluten, 2017, ISSN 1611-4159 (https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/starkregen-bodenerosion_sturzfluten_lfl-schriftenreihe.pdf)

>>> Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall

Die saisonalen Klimaänderungen führen zu Verschiebungen in der Synchronizität, also der zeitlichen Deckung zwischen den Lebenszyklen der Pathogene (Schaderreger), ihrer Wirtspflanzen und ihrer natürlichen Gegenspieler.

In Mitteleuropa wird derzeit tendenziell von einer zunehmenden Relevanz wärmeliebender Schaderreger⁴³, und einem abnehmenden Aufkommen feuchtigkeitsliebender Schaderreger ausgegangen.⁴⁴

Veränderungen in der Populationsdynamik sind zu erwarten durch die zunehmende Lebendüberwinterung von Schaderregern, die schnellere Entwicklung und Bildung zusätzlicher Generationen, und die Verlängerung der Vegetations- und der Befall-Saison. 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 von heimischen Arten.

>>> siehe: Neue Arten

Derzeit liegen die Tagesdurchschnittstemperaturen in Mitteleuropa 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 adulte Individuen einer Population den Winter überleben. Infolgedessen ist mit einem früheren Befall der Kulturpflanzen in Folgejahren zu rechnen. Vor allem

⁴³ z.B. Getreideroste, Mehltau (*Blumeria graminis*), Dürrfleckenkrankheit (*Alternaria solani*), Fusarium-Arten

⁴⁴ WWF: Klimawandel und Landwirtschaft, 2014 (<https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Faktenblatt-Landwirtschaft-Klimawandel.pdf>)

die Bedeutung besonders wärmeliebender Schaderreger, wie beispielsweise einige Spinnmilben-, Schildlaus-, Wickler- und Fadenwürmerarten (sog. Nematoden) wird zunehmen⁴⁵.

Ein Beispiel für einen Landwirtschaftsschädling in Bayern, der von milden Wintern profitiert, ist die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*), die für Obst- und Beerenanbau, besonders in Süddeutschland, problematisch ist. Wirtsspezifische, biologische Bekämpfungsmittel sind hier nicht vorhanden, daher ist chemischer Pflanzenschutz momentan die einzige Eindämmungsmethode. Ebenfalls von der Klimaüberhitzung profitieren der Westliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera*) aus Südamerika, die Walnussfruchtfliege, der Apfelbaumwickler, der Kartoffelkäfer und der Maiszünsler. Dieser verzeichnet besonders in Mittel- und Unterfranken stetige Zunahme.

3.6 Folgen für Forstwirtschaft

>>> Natürliche Verbreitungsgebiete verschieben sich

Der Wald ist ein Leidtragender der Klimaüberhitzung. Gleichzeitig ist er aber auch Hoffnungsträger im Kampf gegen die CO₂-Emissionen, denn jeder Kubikmeter Holz speichert ca. eine Tonne CO₂.⁴⁶

Bei Klimaveränderungen verschieben sich die natürlichen Verbreitungsgebiete, indem Pflanzen neue Areale durch Ausbreitung ihrer Samen erobern. Dieses Tempo der 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.

Das Tempo der aktuell stattfindenden Klimaüberhitzung übertrifft die Geschwindigkeit der Temperaturänderungen im Rahmen der Eiszeiten um das Vierzigfache. So findet eine Arealverschiebung nordwärts und in höhere Lagen statt und es wird beispielsweise die Fichte in den nächsten Jahrzehnten große Teile ihres potenziellen Verbreitungsgebietes in Südwestdeutschland ausschließlich aufgrund steigender Temperaturen verlieren.⁴⁷

Der resultierende physiologische Stress schwächt die Abwehrkräfte der Bäume gegen äußere Einflüsse wie den Schädlingsbefall. Die jährlichen Waldzustandserhebungen geben einen guten Überblick über den Gesundheitszustand unserer Wälder. Gegenüber 2018 stieg der mittlere Nadel- bzw. Blattverlust aller Baumarten um rund vier Prozentpunkte auf knapp 25 Prozent, den höchsten Wert seit über 20 Jahren⁴⁸.

Neben steigenden Temperaturen sind es vor allem die Niederschläge, welche die Vitalität der Bäume beeinflussen. Bis zum Jahr 2055 wird die absolute Jahresniederschlagsmenge in den trockenen Regionen Nord-West-Bayerns und in der eigentlich niederschlagsreichen (Vor-)Alpenregion abnehmen. Gleichzeitig wird eine weitere jahreszeitliche Umverteilung der Niederschläge zu trockeneren Sommermonaten führen. Dadurch sind besonders die Waldbestände in den eigentlich niederschlagsreichen Regionen gefährdet, hydraulische Störungen (Embolien) im Wasser- und Nährstofftransport zu entwickeln - oder Photosynthese auszusetzen, was dazu führt, dass Bäume im Trockenstress deutlich weniger Holzzuwachs aufweisen.⁴⁹

⁴⁵ Harrington & Woiwod (1995); Jahn & Freier (2001); Steuerwald (2009); Lehrke (2011). Krengel et al. (2014)

⁴⁶ <http://www.proholz.at/holz-ist-genial/co2-neutral/>

⁴⁷ Modellberechnung der Klimafolgenforschung an der Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (<http://www.fva-bw.de>);

https://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel_co2/fva_arealverschiebung_hauptbaumarten/index_DE

⁴⁸ <https://www.br.de/themen/wissen/waldbericht-wald-waelder-baum-baeume-waldzustand-bayern-100.html>

⁴⁹ http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/trockenheit/fva_trockenheit_w2_1/index_DE

>>> Steigendes Anbaurisiko für bestimmte Baumarten

Die Klimaüberhitzung bedroht somit besonders die reinen Nadelwaldbestände. Diese nehmen in Bayern mit nahezu 800.000 Hektar noch immer etwa ein Drittel der Waldfläche ein.⁵⁰ Der „Brotbaum“ Fichte sollte zukünftig nur noch an gut geeigneten Standorten und auch dort nur in Beimischung angebaut werden, denn die Baumart ist durch Stürme, (Borken-)Käfer und zunehmend durch längere Trockenperioden im Sommer gefährdet. Die flachwurzelnde Baumart kann Stürmen und Trockenheit nur wenig entgegensetzen.

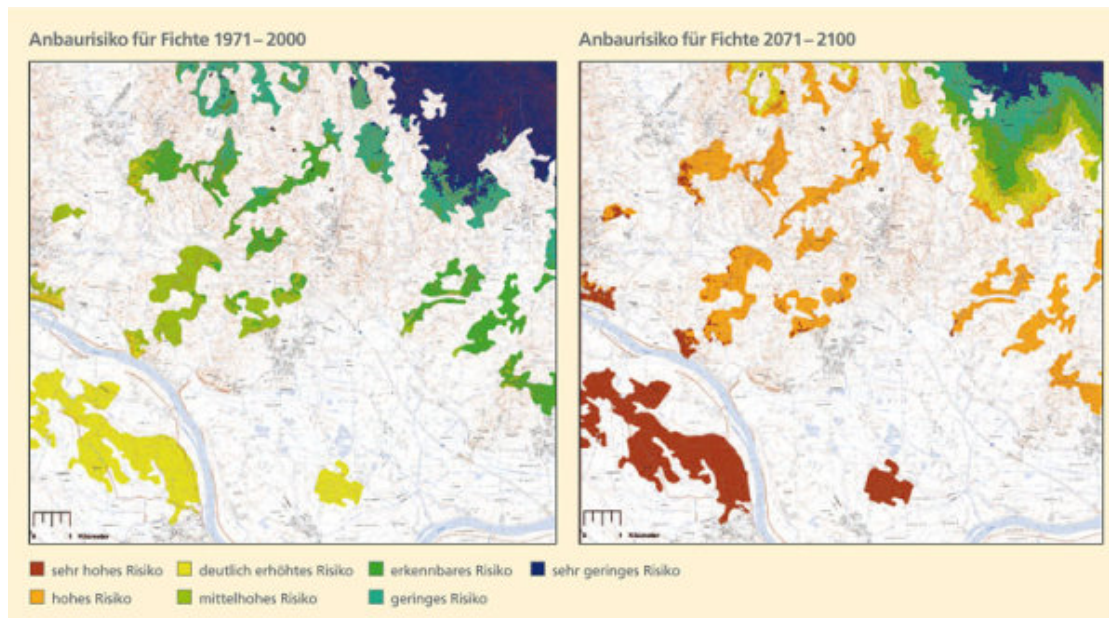


Abbildung 18: Anbaurisiko der Fichte mit den Klimawerten der Perioden 2071-2100 im Vergleich zu 1971-2000⁵¹, Quelle: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF (<https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/standortinformationssystem/012580/index.php>)

Wie schwierig zukünftig die richtige Baumartenwahl wird, zeigt diese Rechnung: Hitzewellen mit extremer Trockenheit, wie wir sie 2003, 2015, 2018 und 2019 erlebten, ereignen sich statistisch gesehen in Mitteleuropa alle 25 Jahre. Die sogenannte Umtriebszeit, also die Zeit bis zur Ernte eines Baumes, beträgt aber 80-140 Jahre. Bis ein Baum also erntereif ist, muss er mindestens drei bis vier Dürresommer überstehen. Bäume, die heute gepflanzt werden, müssen bis zur Ernte mit dem Klima zurechtkommen, welches in rund 100 Jahren vorherrschen wird. Die richtige Baumartenwahl wird also sehr schwer. Eine Verteilung des Risikos durch den Anbau vieler unterschiedlicher Baumarten ist die beste Wahl. Das Anbaurisiko für einzelne Arten wird von der Landesanstalt für Forstwirtschaft untersucht.⁵²

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 von ca. 20.000 Hektar pro Jahr erreicht werden. Dazu ist es nötig, dass Baumarten wie die klimatolerantere Tanne oder Eiche ungehindert aufwachsen können. Dies gelingt

⁵⁰ LWF Bayern: Waldfläche und Waldstruktur

(https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/w49_waldflaeche_und_waldstruktur_gesch.pdf)

⁵¹ Der Kartenausschnitt zeigt das Donautal bei Irlbach und den Anstieg zum Bayerischen Wald.

⁵² StMELF: Künftige Klimarisiken für Baumarten in Beispielregionen

(https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/forstpolitik/dateien/130510-klimarisikokarte_beispiele.pdf)

nur, wenn es ein konsequentes Schalenwildmanagement gibt. Die Kosten für Umzäunungen sind heute bereits enorm.

Im Alpenraum wird eine weit stärkere Erwärmung als im Flachland erwartet. Dies gefährdet besonders die Schutzwirkung des Bergwalds in den Bergen und im Alpenvorland.

>>> Folgen von Hitze und Trockenheit für den Wald

Hitze, Trockenheit und Schädlinge werden künftig voraussichtlich deutlich häufiger und stärker auftreten und die Wälder in ihrer Substanz gefährden.⁵³

Die heißen Temperaturen, wie auch im Sommer 2019, setzen die Bäume einem akuten „Wasserstress“ aus, so Elfi Raunecker vom Würzburger Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Dies führe zu einer verringerten Resistenz gegen Insekten, die sich wiederum extrem rasant vermehren. >>> **siehe Beispiele für Waldschädlinge und Pathogene, die von der Klimaüberhitzung begünstigt werden.**

Das Risiko von Waldbränden wird zukünftig steigen. So ist auf der Website des Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten zu lesen: „Angesichts der durch den Klimawandel zu erwartenden steigenden Anzahl extremer Wetterereignisse (Trockenperioden, Blitzschläge) ist zukünftig aber auch für Bayern mit einer erhöhten Waldbrandgefahr zu rechnen.“⁵⁴ Im trocken-heißen Sommer 2019 belegte der Deutsche Wetterdienst in seinem Waldbrandgefahrenindex für viele Tage große Flächen Bayerns mit der fünften und damit höchsten Gefahrenstufe.⁵⁵ Bereits im April 2019 warnte der DWD, dass Deutschland bei anhaltender Trockenheit der nächste Dürresommer drohe, möglicherweise noch verheerender als der des vorangegangenen Jahres.⁵⁶

Ähnliches gilt für Stürme. Die Extrapolation von Windspitzen für 100-jährige Wiederkehrzeiten zeigt, dass in den Alpen Windgeschwindigkeiten von bis zu 73 m/s alle 100 Jahre erwartet werden können. Allerdings sind diese Spitzenböen sowohl von den Stürmen Vivian (1990), Lothar (1999) als auch Kyrill (2007) bereits übertroffen worden.⁵⁷ Eine Sturmserie Ende März 2015 erreichte am 31. März mit Orkantief Niklas ihren Höhepunkt (Abb. 1). Weite Teile Deutschlands waren von dem Sturmfeld betroffen. An der Nordsee wurden Spitzenböen von 140 km/h gemessen, auf der Zugspitze sogar 192 km/h.⁵⁸

Durch die milden Winter wird auch die Bodenverdichtung bei Forstarbeiten, die vorrangig im Winterhalbjahr durchgeführt werden, steigen. Zusätzlich können sich die Böden schwerer von Verdichtungen regenerieren, weil die dafür erforderlichen Frosttage abnehmen. Da die Tragfähigkeit der Böden auch maßgeblich vom Wassergehalt abhängt, ist es zukünftig angeraten, trockene Perioden, wie sie öfter im Herbst auftreten, für die Holzernte zu nutzen. Des Weiteren wird die Abwehrfähigkeit durch Harzdruck bei Trockenstress verringert, was zu erhöhter Anfälligkeit für Schadinsektenbefall (Rindenbrüter) führt. Gleichzeitig bieten trocken-warme Wetterlagen

⁵³ <http://www.stmelf.bayern.de/wald/forstpolitik/wald-im-klimawandel/037277/index.php>

⁵⁴ <https://www.stmelf.bayern.de/wald/waldschutz/waldbrand/index.php>

⁵⁵ <https://www.dwd.de/DE/leistungen/waldbrandgef/waldbrandgef.html>

⁵⁶ https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2019/20190423_niederschlagsdefizite_2018_news.html

⁵⁷ Augter G, Roos M (2011) Berechnung von Sturmintensitäten für Deutschland. Bericht des Deutschen Wetterdienstes Nr. 236, Offenbach am Main

⁵⁸

https://www.dwd.de/DE/presse/hintergrundberichte/2015/Orkantief_NIKLAS_PDF.pdf?__blob=publicationFile&v=2

pflanzenfressenden Insekten günstigere Entwicklungsbedingungen.⁵⁹ Von der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA wurde im Jahr 2012 eine umfassende Studie zur Waldwirtschaft in Zeiten des Klimawandels erarbeitet. Diese fasst die Problematik und die nötigen Maßnahmen im Alpenraum zusammen.⁶⁰

>>> Klimabedingtes Waldsterben

Allein 2018 und 2019 sollen nach Angaben des Dachverbands der Waldeigentümer (AGDW) deutschlandweit rund 110.000 Hektar Wald zerstört worden sein. Als Gründe werden in erster Linie Dürre, Stürme und Schädlingsbefall (Borkenkäfer, Schwammspinner, Eichenprozessionsspinner, etc.) angeführt. AGDW-Sprecherin Schulz-Trieglaff bezeichnet dies als „Jahrhundertkatastrophe für die Wälder in Deutschland“. Die Buche, welche in Deutschland die Hauptbaumart schlechthin ist, hat zunehmend Probleme. In zahlreichen Beständen in Unterfranken und Mittelfranken werden hohe Ausfälle der Bäume aufgrund von Trockenheit festgestellt. Zudem werden laut Bayerischer Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft vermehrt Buchen mit dürren Kronen registriert, die wahrscheinlich auf einen Sonnenbrand zurückzuführen sind.⁶¹ Der Bund Deutscher Forstleute geht des Weiteren davon aus, dass nahezu 30 % der in den vorangegangenen drei Jahren gepflanzten Bäume abgestorben sind (Stand: 2018).⁶² Forscher vom Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur Wien kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Flächen in Mitteleuropa, die von Baum mortalität betroffen sind, in den letzten 30 Jahren verdoppelt haben - und dies eindeutig in Zusammenhang mit den steigenden Temperaturen.

Ähnlich wie in der Landwirtschaft entstehen auch hier enorme Kosten. Die Wert einbußen durch den reduzierten Holzzuwachs allein im Jahr 2015 in den bayerischen Wäldern werden auf 500 Millionen Euro geschätzt. Der Abtransport der bayernweit zerstörten Bäume wird Hochrechnungen zufolge 2,1 Milliarden Euro kosten; die Wiederaufforstung weitere 640 Millionen Euro.⁶³

>>> Waldschädlinge und Pathogene, die von der Klimaüberhitzung begünstigt werden

- 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. >>> **siehe 2.7 Folgen für die menschliche Gesundheit**. 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. Nach jüngsten Untersuchungen gehen die Mortalitätsraten trotz mehrfachem Kahlfraß in 2018 und 2019 gegen Null. Eine Bekämpfung mit Insektiziden ist deshalb abzulehnen, da das Ökosystem hierdurch zusätzlich geschwächt wird.
- Zweipunkt-Eichenprachtkäfer: Im forstlichen Fokus steht hier v.a. der Zweipunkt-Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*), der als Sekundärart bei Vorschädigungen von Eiche infolge Trockenheit, Schmetterlingsgradationen oder zu starken Freistellungen lokal gehäuft auftritt. Die letztendliche Ursache für die Mortalität von Einzelbäumen ist bisher jedoch ungenügend erforscht. An den Eichen

⁵⁹ Mattson & Haack (1987). Erhöhung von Hitzestress, Waldbrandgefahr und Versauerungsgefährdung (BayKLAS)

⁶⁰ CIPRA: Waldwirtschaft im Klimawandel, Nr. 01/2012 (http://www.cipra.org/de/dossiers/22/1052_de/inline-download)

⁶¹ <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2019-07/klimawandel-waldsterben-milliardenschaeden-wiederaufforstung>

⁶² <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/mehr-wirtschaft/baumsterben-patient-wald-15846204.html>

⁶³ <https://www.derstandard.de/story/2000101912182/klimawandel-beschleunigt-comeback-des-baumsterbens>

leben auch 16 weitere, zum Teil hochgradig gefährdete Prachtkäferarten. Eine überzogenen „saubere Forstwirtschaft“ gefährdet hier nicht nur diese Arten, sondern die gesamte Vielfalt der Eichenfauna.

- Borkenkäfer: Bei warmem Frühling setzt der Schwarmflug 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. Die Ausbildung einer dritten Generation und mehrerer Geschwisterbruten ist somit möglich.⁶⁴
- Bodenpilze: Durch die Niederschlagsumverteilung hervorgerufene Austrocknung und Staunässe führen verstärkt zum Absterben von Feinstwurzeln und ermöglichen Bodenpilzen ein Eindringen in den Stamm. In diesem Zusammenhang wird besonders der Hallimasch als Bedrohung genannt, dessen Fruchtkörper nach Sommertrockenheit in den letzten Jahren verstärkt auftraten.
- Auch Ulmen- und Eschentriebsterben, durch Pilzerreger ausgelöst, werden von der Klimaüberhitzung begünstigt und verschärft.⁶⁵

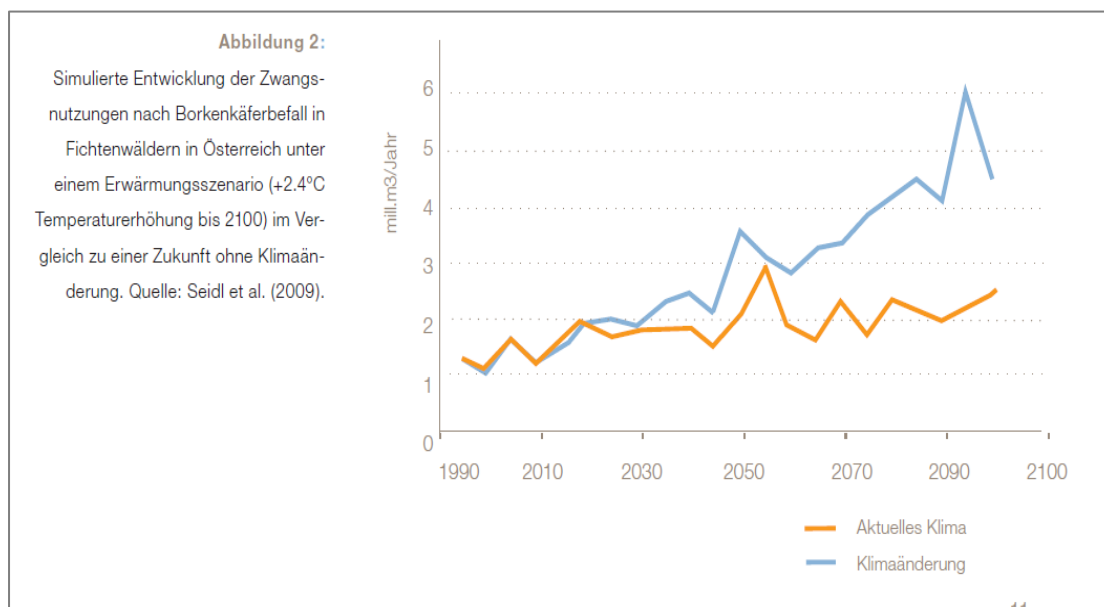


Abbildung 19: Simulation der künftigen Schäden durch Borkenkäferbefall in Österreich unter Beibehaltung der bisherigen Bewirtschaftungsweise im Vergleich zu den Schäden ohne Klimaüberhitzung⁶⁶, Quelle: CIPRA Compact Nr. 01/2012: *Waldwirtschaft im Klimawandel*, S.11 (<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1vAmgFonUhoJ:https://www.cipra.org/de/pdfs/1051+&cd=14&hl=de&ct=clnk&gl=de&client=firefox-b-d>)

3.7 Folgen für Naturschutz und Biodiversität

Die Klimaüberhitzung zwingt viele Arten zur Verlagerung ihrer Verbreitungsgebiete in klimatisch besser geeignete Regionen, und das in vergleichsweise kurzen Zeiträumen. Dies kann sogar für weit verbreitete Arten problematisch werden, zum Beispiel für Baumarten mit langen Lebenszyklen oder

⁶⁴ LWF: Wälder im Klimawandel, 60/ 2007, S.24 (http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a60_forstschadlinge_profitieren_vom_klimawandel.pdf)

⁶⁵ https://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/pilze_nematoden/wuh_ulmensterben/index_DE und <http://www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/063829/index.php>

⁶⁶ Unter Beibehaltung der bisherigen Bewirtschaftungsweise werden die Schäden sich voraussichtlich verdoppeln.

für Arten, die nur sehr langsam wandern können. Ein Verlust an Lebensräumen für die bisher heimischen Arten geht damit einher, denn ihre Verbreitungsgebiete verlagern sich nordwärts und bergauf.

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.

Eine Besonderheit ist zudem die Beschleunigung von Prozessen durch höhere Temperaturen. Die Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel von van t'Hoff besagt, dass chemische Reaktionen bei einer um 10°C erhöhten Temperatur doppelt bis dreimal so schnell ablaufen. Wechselwarme Tierarten (Fische, Amphibien, Reptilien, Insekten) sind stärker betroffen als gleichwarme Tierarten (Säugetiere, Vögel).

Fische leiden unter zu warmem Wasser. „Je höher die Wassertemperatur, desto weniger Sauerstoff kann im Wasser gelöst werden und steht somit den Fischen bei der Atmung nicht zur Verfügung. Fische nehmen in der Regel den Sauerstoff über ihre Kiemen auf. Je höher also die Temperaturen steigen, desto problematischer wird die Sauerstoffversorgung für die Fische. Die Fische drohen zu ersticken.

Neben der Sauerstoffproblematik wirken sich die hohen Wassertemperaturen in unseren Gewässern [in heißen Sommern], aber auch auf die zellulären und biochemischen Prozesse der Fische aus. Der gesamte Metabolismus der Fische ist betroffen. Das Wachstum und die Fruchtbarkeit werden beeinträchtigt, der Reproduktionserfolg wird gemindert und als wäre das nicht genug, steigt mit der Wassertemperatur auch die Generationszeit von Krankheitserregern. Die Tiere werden anfällig für Parasitenbefall und können sich nicht mehr ausreichend regenerieren“.^{67,68a}

In der freien Natur gibt es hierzu praktisch keine Untersuchungen. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf. Auch zur Beurteilung, ob die zunehmend milden Winter im großen Stil die bei uns überwinternden Vögeln bevorteilt und die Zugvögel benachteiligt, fehlen ausreichende Datengrundlagen.

>>> 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 temporärer Austrocknung dieser Lebensräume keine Ausweichmöglichkeiten haben. Einige Pflanzen und Tiere werden die neuen, für sie günstigen Zonen wegen Ausbreitungshemmnissen nicht erreichen. Kälteliebende Pflanzen, wie

⁶⁷ <https://www.lfv-weser-ems.de/nachricht/was-die-hitze-fuer-die-fische-in-unseren-gewaessern-bedeutet.html>

^{68a} https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/fischzustandsbericht-2018_lfl-information.pdf

zum Beispiel viele der Eiszeitrelikte^{68,69}, werden in unseren Breiten zurückgehen oder (lokal) aussterben.⁷⁰ Dabei kommt Bayern eine besondere Verantwortung bei der Erhaltung endemischer und subendemischer Arten zu.

Gefährdete, hochalpine Pflanzen sind weder über Langzeitkonservierung in Samenbanken noch über Umsiedelung in entfernte, kühlere Gebirgsregionen zu erhalten. Ähnlich sieht es bei Endemiten (Arten, die nur in begrenzten Lebensräumen vorkommen) und Eiszeitrelikten in Bayern aus. Daher besteht die einzige Möglichkeit der Erhaltung dieser Arten in der (soweit möglichen) Optimierung ihrer Lebensräume. Betroffen sind davon insbesondere hochalpine Zonen, Kälteinseln (auch Quellen und Oberläufe), Feuchtgebiete und Moore.

Gerade der Schutz von Mooren ist aus Gründen der CO₂-Speicherung⁷¹ als auch aus Artenschutzgründen sehr wichtig. Die enormen Einsparungen an CO₂-Emissionen durch Wiedervernässung von Moorstandorten hat die Grüne Landtagsfraktion im Klimaschutzkonzept „Grüne Landwirtschaft - Für ein gutes Klima“ zusammengefasst.⁷² Da 80 % der bayerischen Moorflächen in den letzten hundert Jahren verloren gingen und sich von den verbleibenden Flächen viele in einem degradierten Zustand befinden, sind viele auf Moorstandorte angewiesene Arten gefährdet, isoliert, und reagieren besonders empfindlich auf klimabedingte Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse.

⁶⁸ 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.

⁶⁹ Dr. A. u. I. Wagner: Eiszeitrelikte im Klimastress?, 03/2008 (http://www.wagner-ugau.de/data/moore/_docs/moorpflanzen_eiszeitrelikte_hydrologie/ANL_moorhydrologie_eiszeitrelikte_wagner_20081205_ppt.pdf)

⁷⁰ Robinwood: Biodiversität und Klimawandel, Nr. 107/4.10 (<https://www.robinwood.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Magazin/2010-4/107-12-13-titel-klima1b.pdf>)

⁷¹ Der mikrobielle Abbau von organischem Material und die damit verbundene Freisetzung von CO₂ wird in Mooren durch den Wasserstand verhindert. Dies führt zu Speicherung (Sequestrierung) und Rückhaltung von CO₂ im Boden bzw. Torfkörper.

⁷² Klimaschutzkonzept Grüne Landwirtschaft, S.18 (<https://www.martin-stuempfig.de/klimaschutz/klimaschutzkonzepte.html>)

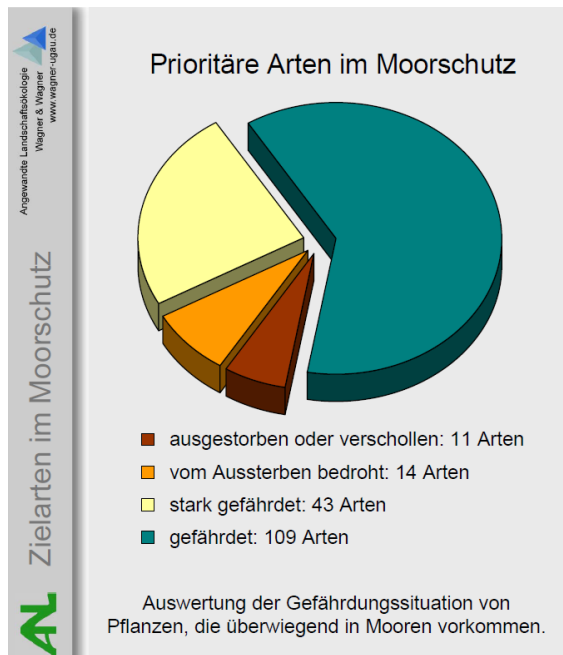


Abbildung 20: Auswertung der Gefahrensituation von Pflanzen, die überwiegend in Mooren vorkommen, Quelle: Wagner, Dr. A. u. I., Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege: „Eiszeitrelikte im Klimastress?“, 2008 (http://www.wagner-ugau.de/data/moore/_docs/moorpflanzen_eiszeitrelikte_hydrologie/ANL_moorhydrologie_eiszeitrelikte_wagner_20081205_ppt.pdf)

>>> Besonders stark trifft es die Alpen

Bereits eine Temperaturerhöhung von 1°C im Gebirge führt zu einer Verschiebung der Vegetationszone um 200 Höhenmeter.⁷³ So steigt in den Alpen mit der Erwärmung die Waldgrenze stetig, auch wenn in Bayern vielerorts die Almwirtschaft die Ausbreitung des Gebirgswalds in höhere Lagen zu verhindern versucht. Die Verschiebung der Vegetationszonen kann aufgrund der überdurchschnittlichen Erwärmung 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. Für an große Kälte angepasste Arten würde es bei einer Erwärmung von mehr als 2°C einfach zu warm. Außerdem sind die steileren Hänge in höheren Lagen als Untergrund für etliche Pflanzen nicht mehr geeignet. Hochrechnungen für die europäischen Alpen ergaben, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts 60 % der alpinen Blütenpflanzen als Konsequenz dieser Klimafolgen aussterben könnten.⁷⁴ Ein Beispiel dafür ist das Stängellose Leimkraut (*Silene acaulis*), dem bei anhaltender Erwärmung im Nationalpark Berchtesgaden ein Ausweichen in höhere Lagen nicht mehr möglich wäre. Des Weiteren fallen darunter auch Endemiten, die als Relikte der Eiszeit erhalten geblieben sind.⁷⁵

⁷³ LfU: Klimawandel und die Auswirkungen auf die Natur

(https://www.lfu.bayern.de/natur/klimawandel/doc/klimawandel_artikel.pdf)

⁷⁴ http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Alpine_Ökosysteme

⁷⁵ Pauli (2013) Global Observation Research Initiative in Alpine Environments, https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wissen/553835_Neue-Arten-bringen-neue-Gefahren.html

>>> Veränderungen in der Artenvielfalt und Zusammensetzung

„Im Rahmen einer breit angelegten Biodiversitätsstudie hat nun ein Forschungsteam unter der Leitung von Wissenschaftler*innen der Technischen Universität München zwischen 2008 und 2017 eine Vielzahl von Insektengruppen in Brandenburg, Thüringen und Baden-Württemberg erfasst. Viele der fast 2.700 untersuchten Arten sind rückläufig“. Einige seltenere Arten wurden in den letzten Jahren in manchen der beobachteten Regionen gar nicht mehr gefunden. Sowohl auf den Waldflächen als auch auf den Wiesen zählten die Wissenschaftler*innen nach zehn Jahren etwa ein Drittel weniger Insektenarten.

Auch weist die Studie nach, dass der Wald stark vom Insektenrückgang betroffen ist. Die Biomasse der Insekten ist in den untersuchten Wäldern seit 2008 um etwa 40 Prozent zurückgegangen. Im Grünland waren die Ergebnisse noch alarmierender: Am Ende des Untersuchungszeitraums hatte sich die Insektenbiomasse auf nur ein Drittel ihres früheren Niveaus verringert.⁷⁶

Gleichzeitig ist für Pflanzen- und Tierarten die genetische Vielfalt überlebenswichtig, um sich den ändernden Umweltbedingungen anzupassen.⁷⁷

Nach modellhaften Berechnungen⁷⁸ der Entwicklung der Artenvielfalt für Deutschland bis 2050 durch das Potsdam Institut für Klimaforschung zeichnet sich für Bayern eine deutliche Verringerung und Veränderung der Artenvielfalt ab.

Während im Pflanzenbereich erst in ein paar Jahrzehnten dramatische Auswirkungen der Klimaüberhitzung erwartet werden⁷⁹, ist bei der heimischen Fauna rasch mit dramatischen Veränderungen zu rechnen. Sichtbar wird dies zum Beispiel an der flächendeckenden Ausbreitung des Asiatischen Marienkäfers innerhalb nur weniger Jahre in Europa.⁸⁰ Auch die Ausbreitung vieler weiterer neu eingewanderter Arten in Bayern wird durch die Klimaüberhitzung begünstigt.

>>> Neue Arten (Neobiota)

Als Passagiere des globalisierten Welthandels und Tourismus, aber auch durch gezielte Einführung von Zierpflanzen, Nutztierarten oder Haustieren, gelangen ständig neue Arten aus weit entfernten Regionen und Ökosystemen nach Deutschland und Bayern. Arten, die seit 1492 in Europa eingeführt wurden, nennt man Neobiota. Pflanzliche Neobiota heißen Neophyten, tierische Neobiota heißen Neozoen. Finden sie hier passende Lebensbedingungen vor, können diese Arten Bestände in freier Wildbahn etablieren und sich vermehren, was der einheimischen Flora und Fauna oftmals Probleme bereitet.

Die Mehrzahl der eingeschleppten Arten wird hierzulande durch die steigenden Temperaturen und milderen Winter nachweislich in ihrer Ausbreitung begünstigt.⁸¹

Zudem haben sie in Bayern oftmals vorerst keine natürlichen Gegenspieler und breiten sich daher anfänglich sehr schnell aus. Sie können dabei heimische Arten verdrängen, weil sie

⁷⁶ Pauli (2013) Global Observation Research Initiative in Alpine Environments, https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wissen/553835_Neue-Arten-bringen-neue-Gefahren.html

⁷⁷ https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_98_biologische_vielfalt.pdf

⁷⁸ Cramer (2006): Globaler Klimawandel und Wälder

⁷⁹ Pauli (2013) Global Observation Research Initiative in Alpine Environments; https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wissen/553835_Neue-Arten-bringen-neue-Gefahren.html

⁸⁰ Komposch (2013)

⁸¹ <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/klimawandel.html>

konkurrenzstärker sind, oder ihnen als zusätzliche Fraßfeinde zusetzen. Oftmals betrifft dies jene heimischen Arten, die aufgrund anderer Ursachen ohnehin bereits gefährdet sind. Neobiota-Arten, die ein Gefährdungspotenzial für die regionale biologische Vielfalt bergen, werden als invasiv bezeichnet.

Allerdings wurden von den 808 neobiotischen Arten und rund 2000 weiteren eingeschleppten Arten (die nur sporadisch vorkommen und sich noch nicht etabliert haben) gerade einmal 59 als invasiv identifiziert.⁸² Dies ist dem Umstand zu verdanken, dass einheimische Arten im Einzelfall in der Lage sind, auf neu eingeführte oder eingeschleppte Arten mit systemimmanenten Regelungsmechanismen zu reagieren. Es entstehen neue Räuber-Beute-Beziehungen, bzw. Parasit-Wirt-Beziehungen und zwischenartliche Konkurrenzen.⁸³

Obwohl invasive Neobiota-Arten also die Ausnahme darstellen, sind ihre Gefahren für das heimische Ökosystem nicht zu vernachlässigen.

Für wärmeliebende Neozoen ist damit zu rechnen, dass sich die aktuell wirksame Beschränkung ihrer Ausbreitung an menschliche Ballungsräume und anthropogen erwärmte Teilstrecken von Fließgewässern (z.B. durch Einleitung von Kühlwasser aus Kraftwerken) im Zuge der Klimaüberhitzung auflösen wird. Somit werden sich die ländlichen Gebiete Deutschlands inklusive der Gewässer verstärkt mit eingeschleppten Tierarten konfrontiert sehen.⁸⁴ Ein Beispiel hierfür ist die aus Asien stammende Körbchenmuschel (*Corbicula fluminea*), die anfangs vor allem im Bereich der Kühlwasserfahnen von Kraftwerken in unseren großen Fließgewässern gefunden wurde, ihren Reproduktionserfolg jedoch durch die in den letzten Jahren erfolgte Wassererwärmung signifikant erhöhen konnte. Aufgrund der extremen Ansammlungen von bis zu mehreren tausend Muscheln pro Quadratmeter werden andere Arten mangels Nahrungsgrundlage und Lebensraum verdrängt. Die Körbchenmuschel fällt daher in die Kategorie invasiver Neobiota.⁸⁵



Abbildung 21: Dichter Goldrutenbestand, Quelle: Pixabay (<https://pixabay.com/de/photos/goldruten-bienen-solidago-1737347/>)

Als klimawandelbegünstigte Neophyten mit hohem bis sehr hohem Schadpotenzial gelten in Bayern unter anderem⁸⁶:

⁸² <https://neobiota.bfn.de/> und <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/neobiota-und-invasive-arten.html>

⁸³ <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/neobiota-und-naturschutz.html>

⁸⁴ Bundesamt für Naturschutz: Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Wirbeltiere, BfN-Skripten 409, 2015 (<https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript409.pdf>)

⁸⁵ http://www.neobiota.info/sb_Koerbchenmuschel.php

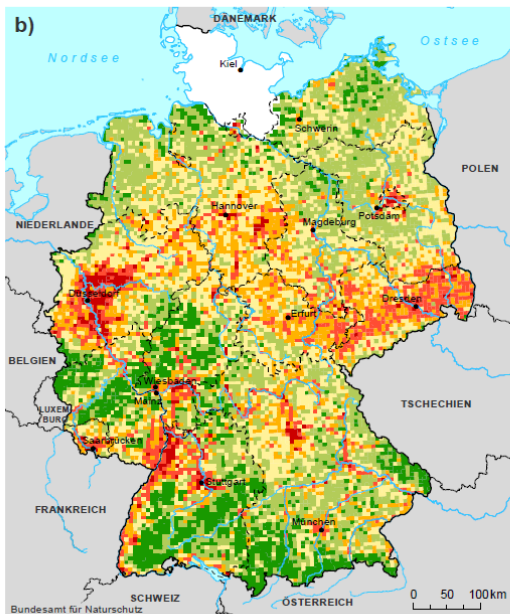
⁸⁶ Bundesamt für Naturschutz: Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Wirbeltiere, BfN-Skripten 409, 2015

- Die Lupine (beispielweise im Biosphärenreservat Rhön) die durch Stickstoffanreicherung im Boden Magerstandorte bedroht.
- Die Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) und Späte Goldrute (*Solidago gigantea*), die auf Magerflächen oder auch gestörten Feuchtfächen dichte Bestände bilden.
- Der Riesenbärenklau (*Herakleum mantegazzianum*) und die Beifußblättrige Ambrosie (*ambrosia artemisiifolia*) sind vor allem als Gefahr für die menschliche Gesundheit einzustufen.

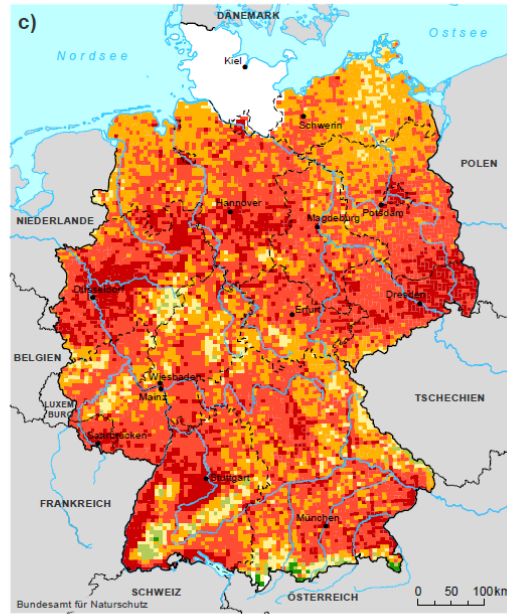
>>> siehe 2.7 Folgen für die menschliche Gesundheit

Die folgende Abbildung 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.

b) Habitateignung für 30 besonders problematische Neophyten unter heutigen Klimabedingungen



c) Habitateignung für 30 besonders problematische Neophyten unter Klimawandel



Prognostizierte Anzahl von Neophyten pro Messtischblattquadrant



Abbildung 22: Habitateignung für 30 besonders problematische Neophyten unter heutigen Klimabedingungen bzw. unter Klimawandel, Quelle: Bundesamt für Naturschutz BfN (<https://www.bfn.de/infothek/daten-fakten/zustand-der-natur/tiere-pflanzen-und-pilze/ii-12-17-verbreitungszentren-neophyten-in-dl.html#c178387>)

>>> Geänderte Lebensbedingungen in den Fließgewässern

Die klimawandelbedingte Verschiebung der innerjährlichen Niederschlagsmengen und die vermehrten Extremereignisse (Winterhochwasser, extreme Sommertrockenheit, etc.) mit nachfolgenden Erosions- und Abschwemmungsprozessen führen in Mittel- und Unterläufen zu höheren Sedimentfrachten, Nährstoffbelastung (Eutrophierung), und geringen Abflüssen im Sommer. Durch die fortschreitende Nährstoffbelastung wird das Pflanzenwachstum zunehmen, bis hin zu starker Verkräutung, die häufig mit einer Abnahme der ökologischen Qualität einhergeht.⁸⁷ Durch die niedrigen Wasserstände können besondere Lebensräume, z. B. Laichplätze in den Auen,

⁸⁷ Arbeitskreis Klimaveränderung und Wasserwirtschaft unter Mitarbeit des Bayerisches Landesamts für Umwelt, <http://fliessgewaesserbiologie.kliwa.de/indikatoren/wirkungsbeziehungen/>

nicht mehr erreichbar sein.⁸⁸ Ist in den Sommermonaten zusätzlich die Wassertemperatur erhöht, kann diese zu einer thermischen Barriere für wandernde Fischarten (z.B. Lachs, Meerforelle, Maifisch) werden. Die niedrigere Sauerstoffkonzentration bedeutet zusätzlichen Stress für alle im Wasser lebenden Tiere.

Während sich die kälteliebenden Arten der Oberläufe in immer höhere, noch kalte Gewässerabschnitte zurückziehen müssen und dabei Lebensraum verlieren, breiten sich die wärmeliebenden Arten der unteren Flussregionen aus, unter denen sich zunehmend auch eine erhebliche Anzahl an Neobiota befinden. 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.

>>> Folgen für Badegewässer

Obwohl der Anteil der Badegewässer, deren Wasserqualität nach EU-Richtlinie als „ausgezeichnet“ eingestuft wird, in Bayern bei fast 99 % liegt⁸⁹, besteht auch in diesem Bereich Grund zur Sorge. Es ist nämlich anzunehmen, dass die Qualität der Badeseen in den kommenden Jahren als Folge der Klimaüberhitzung abnehmen wird.

Da Flüsse Vorfluter für stehende Gewässer sind, werden sich die oben genannten Mangelzustände der Fließgewässer auch zusehends auf unsere Badegewässer auswirken. Schädliche Sedimentfrachten und Nährstoffbelastung werden somit direkt von den 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 Bakterien⁹⁰. Insbesondere zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Blaualge, die bei Menschen Erbrechen, Übelkeit, Durchfall, Hautreizungen, gerötete Augen und Atemnot hervorrufen kann. Immer wieder wurden in den vergangenen Jahren aufgrund der Blaualge für einzelne bayerische Seen Badewarnungen oder -verbote ausgesprochen.⁹¹

Auch für stehende Gewässer stellen Starkregenereignisse, die (wie bereits erläutert) klimatisch bedingt immer häufiger eintreten werden, eine Gefahr dar. Schmutzfrachten aus beispielsweise Kläranlagen oder von landwirtschaftlich genutzten Flächen landen mit dem Regenwasser in den Badeseen und führen zu einem Gesundheitsrisiko für die Badenden.⁹²

⁸⁸ Antwort der Bundesregierung auf schriftliche Anfrage der Grünen, zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Fließgewässer, Drucksache 18/12692

⁸⁹ <https://www.augsburger-allgemeine.de/bayern/Diese-bayerischen-Seen-sollten-Sie-lieber-meiden-id54526476.html>

⁹⁰ <https://www.br.de/radio/bayern1/blualgen-106.html>

⁹¹ <https://www.br.de/nachrichten/wissen/baden-verboden-giftige-blualgen-gefahr-fuer-die-gesundheit,R1Ms1rk>

⁹² <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/qualitaet-von-badegewaessern#textpart-2>

3.8 Folgen für die menschliche Gesundheit

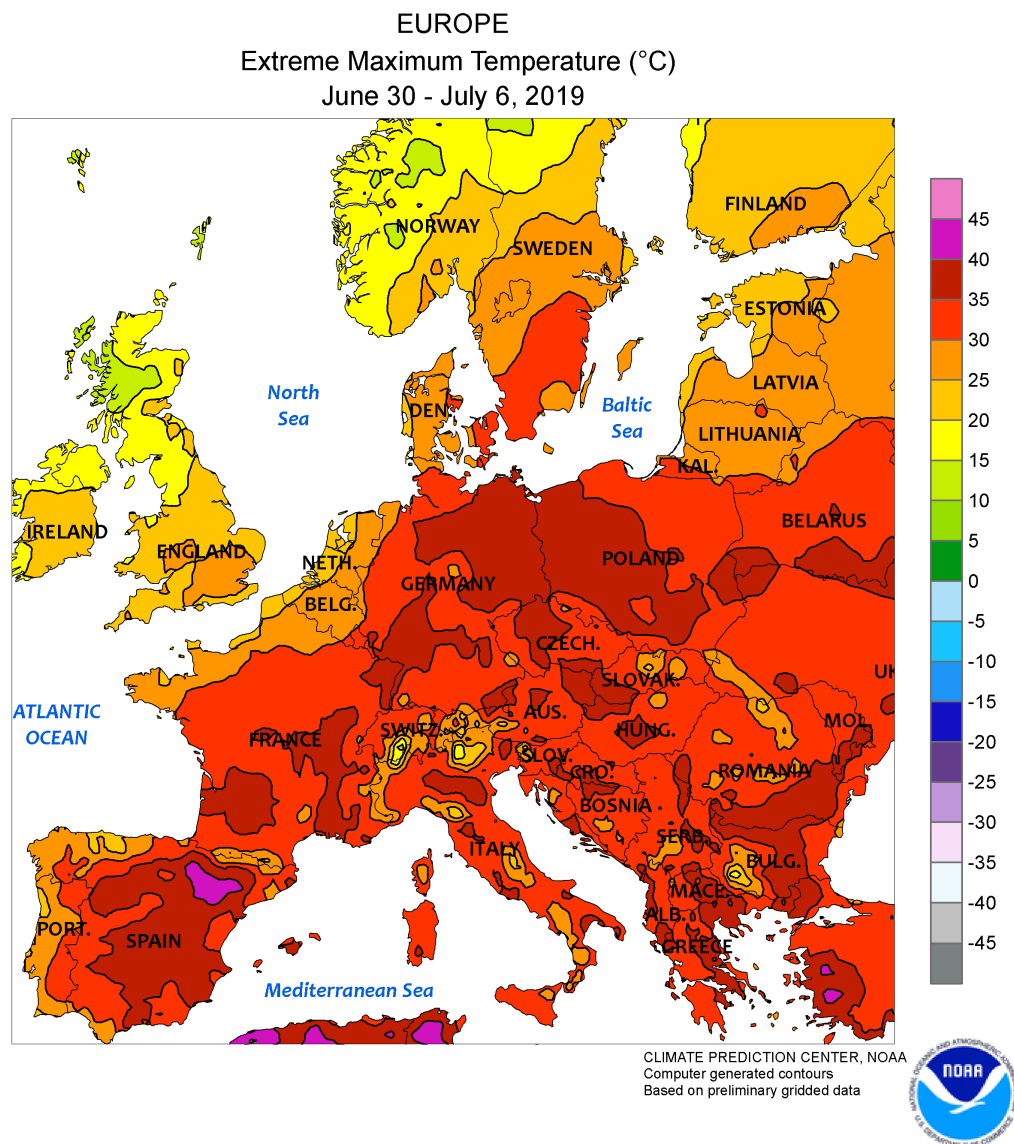


Abbildung 23: Quelle: NOAA National Weather Service, Climate Prediction Center
(https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/JAWF_Monitoring/Europe/index.shtml)

Die durch die Klimaüberhitzung bedingten Veränderungen stehen in Zusammenhang mit einer Reihe von Krankheitsbildern und Gefahren für die menschliche Gesundheit.

An erster Stelle ist die Zunahme hitzebedingter Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, der Nieren, der Atemwege und Stoffwechselerkrankungen im Sommer zu nennen (>>> **siehe 2.8 Klimafolgen in Städten und Ballungszentren**). Als gefährdet gelten vor allem Alte, Kranke, Pflegebedürftige und Kinder sowie Menschen in Außenberufen.

Der Hitzesommer 2003 hat Schätzungen zufolge 70.000 Hitzetote in Europa und einen wirtschaftlichen Gesamtschaden von über 13 Mrd. US-Dollar verursacht. Damit gehört die Hitzewelle zu den opferreichsten Naturkatastrophen in den letzten 40 Jahren weltweit.

Die Hitzewelle von Juni bis September 2015 bescherte vielerorts in Europa die höchsten Temperaturen seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. In vielen Ländern wurde eine hitzebedingte

erhöhte Sterblichkeit verzeichnet. Die mit der Hitze einhergehenden Unwetter forderten weitere Menschenleben in zahlreichen EU-Staaten.

Auf Deutschland bezogen heißt das wissenschaftlichen Schätzungen zufolge, dass der Extremsommer 2003 mit etwa 7600 Toten der folgenschwerste war, gefolgt von 2006 mit 6200 und 2015 mit 6100 Opfern. Bundesweite Auswertungen für 2018 liegen noch nicht vor, doch das Robert-Koch-Institut geht von 490 Hitzetoten allein in Berlin und 740 in Hessen aus. Matthias an der Heiden, Mitautor der Studie, erklärt, dass von einzelnen Hitzetagen (Tage 30 Grad und mehr) weniger Gefahr ausgehe als von längeren Hitzeperioden. Ab einer Wochenmitteltemperatur von 20°Celsius (Tag- und Nachtwerte) würden die Todeszahlen, besonders unter älteren Menschen, merklich ansteigen.⁹³ Derart heiße Wochen seien immer häufiger zu beobachten, und würden sich aufgrund der Klimaüberhitzung in Zukunft „eventuell noch verschärfen“.⁹⁴

Modellsimulationen deuten darauf hin, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts die Zahl der Todesfälle durch ischämische bzw. koronare Herzerkrankungen, die auf Hitzewellen in Deutschland zurückzuführen sind, um den Faktor 2,4 (bei akklimatisierten Personen) bzw. 5,1 (bei nicht akklimatisierten Personen) zunehmen werden.⁹⁵

Nicht zu vernachlässigen ist des Weiteren die intensivere UV-Strahlung. Laut dem Bundesamt für Strahlenschutz führen mehr Sonnentage zu mehr Tagen mit hohen UV-Werten - und dies teils schon im April, da die extremen Wetterbedingungen bereits früh im Jahr sogenannte Mini-Ozonlöcher hervorrufen können.⁹⁶ Nicht nur erhöht übermäßige UV-Bestrahlung das Risiko des „Grauen Stars“, auch die menschliche Haut kann nachhaltige Schäden davontragen. Hierzu gehören vorzeitige Hautalterung und Hautkrebs. Keine andere Krebsart hat unter der weltweiten hellhäutigen Bevölkerung so starke Zuwachsraten.⁹⁷ Eine Studie kommt zum Schluss, dass der weiße Hautkrebs, der besonders Menschen ab dem 50. Lebensjahr betrifft, deutlichen Zuwachs erfährt. So hat sich die Zahl der Neuerkrankungen in Schleswig-Holstein von 1999 bis 2012 verdoppelt. Während der weiße Hautkrebs als weniger gefährlich einzustufen ist, fordert der schwarze Hautkrebs jedes Jahr rund 3000 Tote in Deutschland, Tendenz steigend: Seit den Siebzigerjahren hat sich das Erkrankungsrisiko verfünffacht. Und nicht nur werden die Patienten immer mehr, sondern auch immer jünger.⁹⁸

Auch die Belastung durch Allergene nimmt zu - zum einen durch die Verlängerung der Pollenflugsaison, die sich von 1985 bis 2015 um rund zehn Tage gesteigert hat, zum anderen durch die Verbreitung wärmeliebenden Neophyten. Dabei ist vor allem die stark allergene Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artimisiifolia*) zu nennen, die mit ihrem späten Pollenflug die Belastungsphase für Allergiker verlängert und Kreuzallergien auslöst.

⁹³ <https://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/herzkreislauf/article/991621/reinhardt-hitze-muss-tempo-runter.html>

⁹⁴ <https://www.bz-berlin.de/deutschland/tausende-deutsche-sterben-waehrend-hitzewellen>

⁹⁵ Bayerischer Landtag, Antwort schriftliche Anfrage Christian Magerl, Drucksache 17/8031

⁹⁶ <http://www.bfs.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BfS/DE/2018/0801-uv.html>

⁹⁷ http://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/langfristig/langfristig_node.html;jsessionid=7323958DB659938491B8DEB5C6171D6F.1_cid365

⁹⁸ <https://www.tk.de/techniker/gesundheits-und-medizin/praevention-und-frueherkennung/hautkrebs-fruehererkennung/hautkrebs-wie-hoch-ist-das-risiko-2015296>

Verbreitung der Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) in Bayern

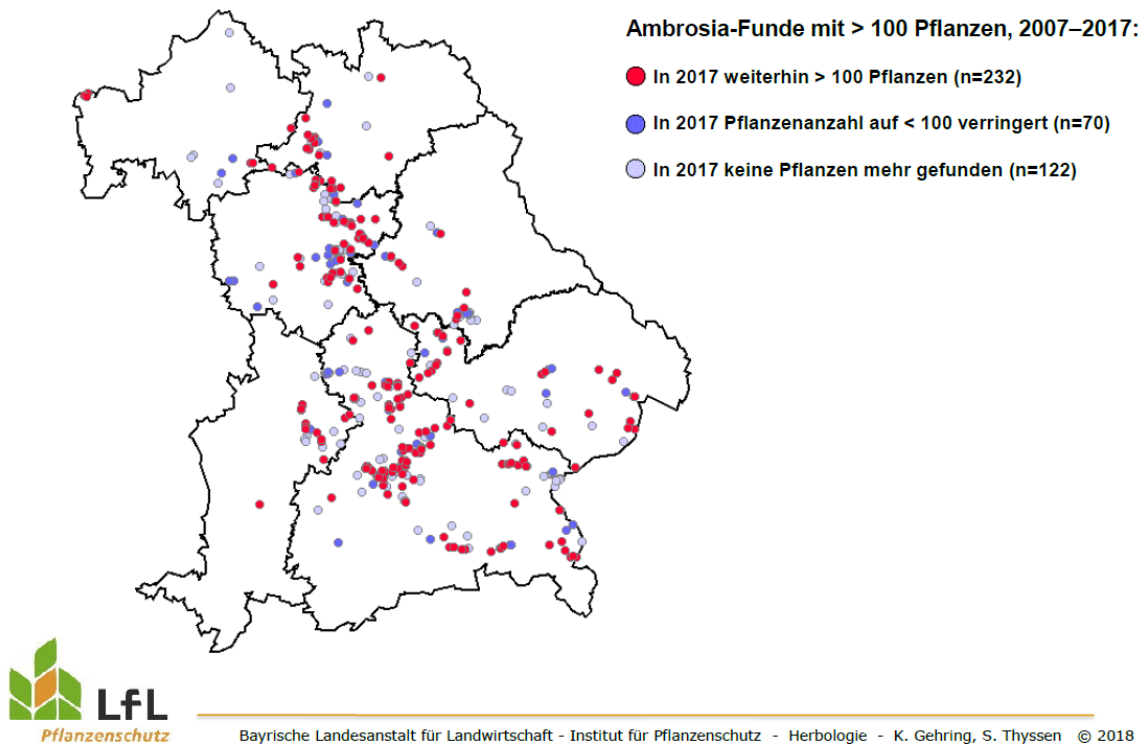


Abbildung 24: dc Verbreitung der Beifuß-Ambrosie in Bayern, Quelle: K. Gehring, S. Thyssen, LfL Bayern, Institut für Pflanzenschutz: „Karten zur Ambrosia-Verbreitung in Bayern“ (https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ips/dateien/verbreitungskarte_feb12.pdf)

Vorsicht ist auch vor dem bis zu vier Meter großen Riesenbärenklau (*Herakleum mantegazzianum*) geboten. Der Kontakt mit der phototoxischen Pflanze kann schmerzhaft Verbrennungen nach sich ziehen.

Wärmeliebende Krankheitsüberträger wie Zecken und Stechmücken können länger im Jahr aktiv sein und mehr Generationen ausbilden. Dies kann zu einer Zunahme der FSME- und Borreliose-Erkrankungen führen. So waren im Freistaat im Juni 2019 bereits 690 durch Zeckenbisse hervorgerufene Borreliose-Fälle bekannt. Im Vorjahreszeitraum lag die Zahl noch bei 645.⁹⁹

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. Diese können zu Kopf- und Gliederschmerzen, Schüttelfrost, Husten und gar zu schweren Nierenerkrankungen oder hämorrhagischem Fieber (Fieber mit damit einhergehenden Blutungen) führen. Die Rötelmaus ernährt sich in hohem Maße von Eicheln und Bucheckern, die wiederum in sogenannten Mastjahren forstwirtschaftlich in überdurchschnittlichen Mengen produziert werden. Da Mastjahre durch klimatische Ereignisse wie trockene, heiße Vorjahressommer ausgelöst werden, hat die Klimaüberhitzung dafür gesorgt, dass sich die Frequenz der Mastjahre auf alle zwei bis drei Jahre erhöht hat. Folglich werden die Rötelmäuse in ihrer Massenvermehrung stark begünstigt, was sich in den Zahlen der Hantaviruserkrankungen niederschlägt.¹⁰⁰ Da die Hantaviren mit dem Kot der Tiere ausgeschieden,

⁹⁹ <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/103835/Borreliosefaelle-in-Bayern-gestiegen>

¹⁰⁰ Epidemiejahre mit stark erhöhter Anzahl an Hantaviruserkrankungen waren z.B. 2007 (1687 Fälle), 2010 (2016 Fälle), 2012 (2825 Fälle) und 2017 (1713 Fälle) (Quelle: Robert-Koch-Institut: Epidemiologisches Bulletin

als Staub aufgewirbelt, und über die Atemwege aufgenommen werden, ist davon auszugehen, dass anhaltende Trockenperioden das Infektionsrisiko zusätzlich steigern.¹⁰¹

Darüber hinaus etablieren sich auch Neozoen wie Sandmücke (überträgt Leishmaniose) und Asiatische Tigermücke (überträgt Dengue- und Gelbfieber), was zum häufigeren Auftreten neuer Erkrankungen führen kann.

Auch bodennahes Ozon hat sich durch die Stickstoffemissionen in Europa im Vergleich zur vorindustrialisierten Zeit verdreifacht. Insbesondere an sonnenreichen, warmen Sommertagen (Tage ab 25 Grad und mehr) wird bereits heute oft vor der Ozonbelastung gewarnt. Bei weiterem Ausstoß von Schad- und Stickstoffen und einem Anstieg der Sommer- und Hitzetage, ist mit ernsthaften Gesundheitsfolgen durch das für den Menschen giftige Gas zu rechnen, das Atembeschwerden und Kopfschmerzen, in schlimmen Fällen sogar Lungenkrankheiten hervorrufen kann.

3.9 Klimafolgen in Städten und Ballungszentren

Ein von der Klimaüberhitzung besonders betroffener Bereich sind Städte und Ballungszentren. Gebäude und Straßen speichern die Wärme und selbst nachts kühlen Städte kaum ab. Insbesondere Städte mit hohem Versiegelungsanteil sind betroffen. So ist beispielweise die Situation in München, Würzburg und Regensburg besonders angespannt. An manchen Tagen liegt die städtische Temperatur 6°C über der des Umlands - der so genannte Wärmeinseleffekt.¹⁰²

Unterfranken und insbesondere Würzburg gelten als Hot Spot des Klimawandels. Laut einer Studie¹⁰³ der Professoren Rauh und Paeth von 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. Für Würzburgs enorme Betroffenheit von der Klimaüberhitzung ist die ausgeprägte Kessellage ebenso verantwortlich wie der hohe Versiegelungsgrad und die durchgängige Riegelbebauung entlang des Mainufers. Zudem nimmt der historische Stadtkern 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 Stadttinnere. 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 sinnvoller wären daher mehrere kleinere, im Stadtkern gelegene Parks und Grünflächen.¹⁰⁴

Die beschriebenen Phänomene sind in der Klimafunktionskarte für die Stadt Würzburg detailliert dargestellt.

Nr.15, 12. April 2018, https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2018/Ausgaben/15_18.pdf?__blob=publicationFile). Diese Jahre folgten stets auf Mastjahre. In den Zwischenjahren lag die Zahl der Infektionen nur bei etwa einem Zehntel.

¹⁰¹ <http://www.apug.de/umwelteinfluesse/klimawandel/tiere.htm>

¹⁰² <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/Klimaforscher-warnt-vor-Umweltkatastrophen-in-Unterfranken;art735,10249517>

¹⁰³ RAUH, J., PAETH, H.: Anthropogener Klimawandel und Weinwirtschaft: Wahrnehmung und Anpassungsmaßnahmen fränkischer Winzer auf den Wandel klimatischer Bedingungen, 2011

¹⁰⁴ <https://wuerzburg.bund-naturschutz.de/themen/klimawandel.html>

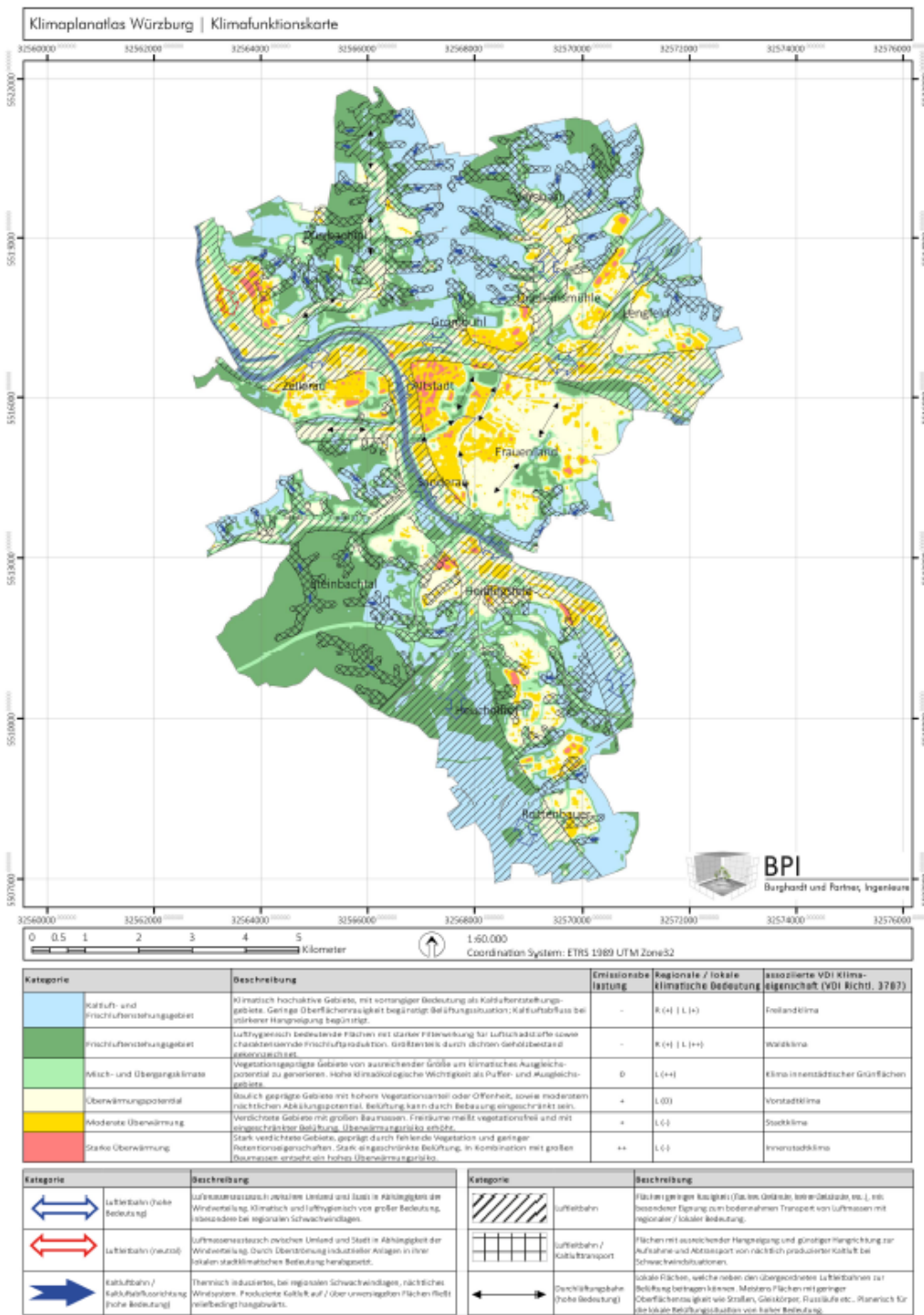


Abbildung 25: Klimafunktionskarte, Quelle: Stadt Würzburg (<https://www.wuerzburg.de/themen/umwelt-verkehr/klimaundenergie/klimaanpassung-der-klimawandel-fordert-uns-heraus/412831.Klimaplanatlas--Auswirkungen-des-Klimawandels-ruecken-in-den-Fokus-der-Stadtplanung.html>)

Verkehr und geringer Luftaustausch führen (nicht nur in Würzburg) zu einem erhöhten Schadstoffgehalt der Stadtluft. Die Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen liegt auf der Hand - beispielsweise in Form einer Klima-Checkliste für Bauleitplanungen zur Berücksichtigung von Frischluftschneisen und Grünzügen (wie sie mancherorts, aber längst noch nicht flächendeckend existiert). Eine großräumige Zusammenarbeit von Gemeinden und Kommunen und ist notwendig, um stadt- und regionalplanerisch die spezifische Belüftungssituation im Blick zu haben.

Bei Starkregen gehen innerhalb kurzer Zeit große Regenmengen nieder. Der Deutsche Wetterdienst warnt vor unwetterartigem Starkregen, wenn in einer Stunde mehr als 25 Liter je Quadratmeter (l/m^2) oder in sechs Stunden mehr als $35 l/m^2$ Regen erwartet werden. Schäden entstehen bei oder nach Starkregen vor allem durch Sturzfluten. Das Wasser kann dann nicht mehr schnell genug versickern oder abfließen, überlastet die Kanäle und kann durch ebenerdige Tiefgaragen, Hauseingänge, Kellerfenster oder durch den Rückstau aus Kanälen in Gebäude eindringen. Die Klimaüberhitzung führt dazu, dass Sturzfluten in Zukunft wesentlich häufiger auftreten werden. Die Kommunen sind gefordert, ein Sturzflut-Risikomanagement aufzulegen, um eine Verringerung der negativen Auswirkungen von Wassergefahren an den Bächen und kleinen Gewässern und bei wild abfließendem Wasser zu erreichen. Dabei werden Gefahren und Risiken ermittelt, lokale Schutzziele definiert und örtlich spezifische Schutzmaßnahmen aufgezeigt. Absehbare ortsplanerische Entwicklungen und die Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie sind dabei auch zu berücksichtigen. Die Flächennutzungs- und Bauleitplanung sollte an die Erkenntnisse und Festlegungen dieses Konzepts angepasst werden. Zukunftsfähige Regenwasserbewirtschaftung heißt auch, dass Konzepte und Lösungen für den Umgang mit seltenen Starkregenereignissen entwickelt werden. Regenwasser sollte in Zisternen, Regenrückhaltebecken und Pufferspeichern (Rigolen) oder auf Park- und Sportplätzen zwischengespeichert werden, ohne die Bevölkerung zu gefährden, wenn die Kanäle oder das Gewässer überlastet sind. Zu prüfen ist auch, ob Regenwasser über Notwasserwege über Straßen geleitet werden kann. 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. Mit dem Ziel eines möglichst schadlosen Abflusses sind die Überflutungsflächen und Abflussrinnen bei zukünftigen Bebauungen zu berücksichtigen.

3.10 Freizeitnutzung und Tourismus

Der Tourismus muss sich, gerade da er zugleich Verursacher und Betroffener der Klimaüberhitzung ist, seiner Verantwortung beim Klimaschutz noch bewusster werden und aktiv seinen Beitrag zur CO_2 -Reduzierung erbringen.

Ein Großteil des ökologischen Fußabdruckes entsteht im Tourismus bei der An- und Abreise; bei Tagesreisen in noch größerem Ausmaß. Die Erreichbarkeit des Reiseziels schränkt die Auswahl der Verkehrsmittel deutlich ein, ist aber zugleich wichtiges Kriterium für die Vermarktung von Destinationen. Dies gilt insbesondere für ländliche Gebiete. Bei Kurzreisen wird das Auto überproportional genutzt. Der Trend zu häufigeren, kürzeren Reisen verstärkt dies zusätzlich. „75 Prozent der touristischen CO_2 -Emissionen gehen auf das Konto des Verkehrs. Bis 2030 wird von verschiedenen Quellen ein weiterer Anstieg des Freizeitverkehrs um mindestens 30 Prozent prognostiziert. 2065 wird der weltweite Tourismus für sämtliche CO_2 -Emissionen verantwortlich sein, die wir hinsichtlich des 2-Grad-Ziels emittieren dürfen.“¹⁰⁵

Die regionale Tourismuswirtschaft ist besonders stark vom Wetter und der intakten Natur abhängig. Die weltweite Klimakatastrophe wirkt sich direkt auf die Unternehmen und die touristischen Produkte aus. Die Tourismusbranche muss sich den Herausforderungen der weltweiten Klimaveränderungen stellen. Je frühzeitiger die Weichen für wirksamen Klimaschutz und

¹⁰⁵ CIPRA International: Szene Alpen Nr. 102/2017; S. 7 (https://www.cipra.org/de/publikationen/szenealpen-nr-102-destination-alpen/Szene_Alpen_2017_dt_klein.pdf/inline-download)

Klimaanpassung gestellt werden, desto besser sind die Chancen im Wettbewerb um künftige Urlaubsgäste.

>>> Badegewässer

Die Badegäste an Bayerns Seen dürfen sich über mehr Sommer- und Hitzetage freuen. Badeurlaub in Bayern kann also durchaus mehr touristisches Gewicht durch die Klimaüberhitzung erlangen. Jedoch könnte, wie oben dargestellt, das Gesundheitsrisiko beim Baden in bayerischen Seen in Zukunft steigen.

>>> **siehe: Folgen für Badegewässer**

>>> Wintertourismus und Zukunft der bayerischen Skigebiete

Auch in den bayerischen Reisezielen für den Wintertourismus kommt der größte Anteil der Gäste im Sommer (60 %). Insgesamt sind die Übernachtungen im Winterhalbjahr in den Tourismusgemeinden mit Skigebieten in Bayern seit 2005 um 7 % zurückgegangen, während sie in Gesamtbayern um 11 % gestiegen sind.

Entgegen dem Trend und die wissenschaftlichen Erkenntnisse ignorierend, wird in Bayern weiter sehr stark in Skitourismus investiert, obwohl die Schneefallgrenze seit 1950 in den Alpen um mehr als 100 Meter gestiegen ist¹⁰⁶ - mit deutlichen Auswirkungen auf den Wintersport.

Der Anteil der schneesicheren Skigebiete nimmt mit zunehmender Erwärmung rasch ab. Bei einer Erwärmung von 2°C, die nach aktuellen Prognosen bereits bis Mitte des Jahrhunderts in den Alpen überschritten werden wird, sind nach der Studie des DAV (Deutscher Alpenverein) nur noch 9 % der bayerischen Skigebiete natürlich schneesicher. Weitere 30 % können mit aufwändigen Beschneiungsmaßnahmen noch genutzt werden. Jedoch sind 61 % der bayerischen Skigebiete auch mit erheblichem Aufwand nicht mehr für den Wintersport zu sichern.

¹⁰⁶ Informationen des Deutschen Alpenvereins

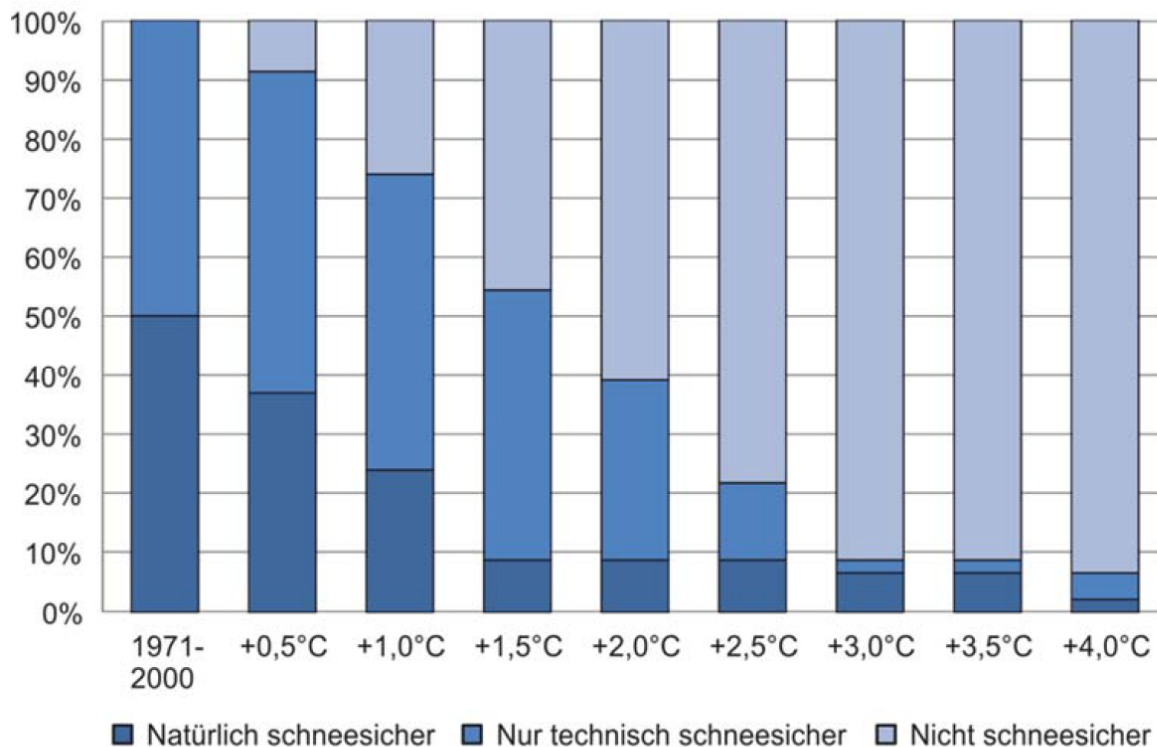


Abbildung 25: Anteil der schneesicheren Pisten Bayerns im Zeitraum 1971 bis 2000 im Vergleich zu den zu erwartenden zukünftigen Anteilen je nach Grad der Klimaüberhitzung, Quelle: Deutscher Alpenverein - Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum, März 2013 (https://www.alpenverein.de/chameleon/public/bb5fd1b0-2450-2b72-ae88-e790db87e2c5/Beschneigungsstudie-Bericht_21661.pdf)

Die Klimaüberhitzung hat auch Einfluss auf die Freizeitnutzung der Alpen fernab von den Skipisten. Die Gefahren für Skitourengeher und Wanderer steigen. Wärmere Temperaturen sowie zunehmende Starkschneefallereignisse¹⁰⁷ steigern im Winter die Lawinengefahr, und der tauende Permafrost führt zu vermehrten Felsstürzen. Seit 2007 kam es allein im zentralen Mont Blanc-Massiv zu über 511 Felsstürzen (> 100 m³). Der DAV erwartet auch eine weitere Zunahme spontaner Rutschungen oder Muren durch intensive Starkregenereignisse.

IV. Anpassung an die Klimaüberhitzung - Unsere Maßnahmen

4.1 Wasserwirtschaft

>>> Ziele

- Effektiver, umweltverträglicher Hochwasserschutz
- Verminderung des Nährstoff- und Sedimenteintrags in oberirdische Fließgewässer und ins Grundwasser
- Bewusster Umgang mit dem Lebensmittel Trinkwasser

>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

Umfassende Fließgewässerrenaturierung.

Wiederherstellung von Auen in ihrer Funktion als natürliche Überschwemmungsgebiete. Damit einhergehend keine künftigen Fahrrinnenvertiefungen für die Schifffahrt.

¹⁰⁷ Zu beobachten beispielsweise im Winter 2018/19.

Zurückverlegung von Dämmen, Schaffung neuer Retentionsräume.

Ausrichtung aller geplanten Flussbaumaßnahmen an allen bayerischen Flüssen am Hochwasserschutz.

Zügige und umfassende Renaturierung von Mooren als Wasserrückhaltespeicher. Rückbau der Entwässerungsgräben in Feuchtwiesen.

Die zeitnahe Umsetzung der Renaturierung der Gewässerrandstreifen wie im Artenschutzgesetz beschlossen. Das heißt eine naturnahe Gestaltung der Gewässerrandstreifen (geeignete Gehölze), um Einträge von Feinsediment und Nährstoffen zu reduzieren und durch Beschattung die Erwärmung der Fließgewässer zu reduzieren.

Einführung einer Obergrenze für Flächenverbrauch und Versiegelung in Höhe von maximal 5 ha pro Tag¹⁰⁸. Programm zur Flächenentsiegelung, um schnellen Oberflächenabfluss zu vermeiden.

Sanierung der bestehenden Trinkwasserleitungen und Hochbehälter, um Verluste zu minimieren. Aufklärungskampagnen zum sparsamen Umgang mit Wasser in Notzeiten.

4.2 Landwirtschaft

>>> Ziele

- Sicherung der Lebensmittelversorgung
- Stabilisierung der Landwirtschaft gegenüber den Auswirkungen der Klimaüberhitzung
- Bodenfruchtbarkeit erhöhen und langfristig erhalten,
- Humusaufbau, Verbesserung der Bodenstruktur und der Wasseraufnahmekapazität
- Erhalt und Förderung robuster, anpassungsfähiger Nutztiere
- Nachhaltige, ressourcenschonende und ökologisch verträgliche Landwirtschaft und Anbausysteme

>>> 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. Staatliche Erforschung und traditionelle Zucht von hitze- und trockenheitsverträglichen Sorten.
- Verstärkte Wahrnehmung der staatlichen Aufgabe zur Erhaltung von vielfältigem Saatgut.

¹⁰⁸ Grüne Landtagfraktion: Konzept

- Konsequente Umstellung der Förderpolitik und der Cross Compliance[1]-Bestimmungen und 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 auf stark erosionsgefährdeten Flächen. Energiemais-Ersatz durch mehrjährige alternative Energiepflanzen wie Riesenweizengras, Miscanthus und Durchwachsene Silphie, Maisersatz im Futterbau.
- Anwendung und Erforschung von agroforstwirtschaftlichen Methoden. Förderung der Pflanzung von 100.000 Hektar Agroforstflächen bis 2024.
- 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. Angepasste Bewirtschaftung von Mooren als wirksamster Klimaschutz in der Landwirtschaft. (Siehe unseren Antrag für ein Klimaprogramm Moorschutz, Dr-S. 18/1124.)
- Renaturierung und Wiedervernässung der Moore als einer der größten Kohlenstoffspeicher der Erde. Beendigung der landwirtschaftlichen Nutzung von Mooren bis 2030 mit entsprechenden Entschädigungszahlungen an die Landwirt*innen. Ausgenommen ist die CO₂-neutrale Nutzung, z.B. durch Paludikulturen.
- „Weideinitiative Grasland“: Förderung von extensiv beweidetem Grasland als Kohlenstoffspeicher und zur Steigerung des Wasserbindungsvermögens. (Siehe nachfolgend unseren 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. Agrarinvestitionskredite für Geräte zur mechanischen und thermischen Unkrautbekämpfung.
- Ablösung der industriellen Tierhaltung durch flächengebundene Tierhaltung, um Methanemissionen einzusparen. Maximal zwei Großvieheinheiten pro Hektar bis 2025. Bioland-Standard von 1,6 Großvieheinheiten pro Hektar bis 2035. (Siehe unseren Antrag für artgerechte Tierhaltung, Dr-S. 18/3732 und unseren Antrag „GQ zeitgemäß verbessern“, Drs. 17/13691.)

Ausführlichere Ziele und Maßnahmen sind im [Konzept „Agrarpolitik“](#) („Landwirtschaft mit der Natur - Grüne Agrarpolitik für Bayern“) der Grünen Landtagsfraktion aufgeführt.

4.3 Forstwirtschaft

>>> Ziele

- Flächendeckender Umbau der bayerischen Wälder zu stabilen, klimatoleranten Mischwäldern
- Stärkung des Ökosystems Wald in Resistenz, aber auch Resilienz¹⁰⁹, gegenüber Trockenperioden und zunehmenden Wetterphänomenen
- Erhöhung der Widerstandskraft gegen Schädlinge und Pathogene, die sich durch die Erwärmung begünstigt stärker ausbreiten
- Priorisierung der Erholungs- und Schutzfunktionen des Waldes gegenüber den wirtschaftlichen Funktionen
- Naturverjüngung der Hauptbaumarten durch konsequente Bejagung und Zielsetzung „Wald vor Wild“

>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Nachzucht von standortheimischen, den lokalen Bedingungen angepassten Bäumen.
- Umwandlung bestehender Reinbestände in natürlichere Mischwälder mit hohem Laubholzanteil und hoher Baumartenvielfalt. Zielsetzung ist der Umbau von 20.000 ha pro Jahr. Durchforstungen von Jungbeständen nach diesen Zielen ausrichten, Einbringen von Laubholz in Nadelholz-Altbestände, Einbringen von Laubholz.
- Förderung der Naturverjüngung mithilfe von modernem Wildtiermanagement und konsequentem Grundsatz Wald vor Wild.
- Förderung der Tanne (und auch Eibe), 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

¹⁰⁹ Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Ökosystems zur Wiederherstellung der eigenen Funktionsfähigkeit nach Störungen und Schocks („bounce back“)

gewährleisten. Einführung der Plenterwaldbewirtschaftung¹¹⁰ 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.
- Umsetzung der Maßnahmen auf allen staatlichen Flächen. Rückkehr zu einem Gleichgewicht von Ökonomie, Ökologie und sozialen Funktionen des Waldes und vollständige Abkehr von einer verpflichtenden Abführung von Finanzmitteln an den Staatshaushalt.
- Aufstockung des Forstpersonals (Beratung und Förderung) im Bereich der Privat- und Körperschaftswälder, um die mangelnde Umsetzung des Waldumbaus dort voranzutreiben.
- Holzbau bei öffentlichem Bauen ebenso wie im Privatbau fördern. Dazu unser Antrag: “Holzbau-Offensive für Bayern“¹¹¹
- Sicherstellung von ausreichenden Fördermitteln für den Waldumbau.
- Deutliche Intensivierung der Schutzwaldsanierung. Sicherung der Verjüngung der Schutzwälder durch frühzeitige und verstärkte jagdliche Maßnahmen.
- Vermeidung von chemischen Einsatzstoffen zur Bekämpfung von Schadinsekten. Einsatz von natürlichen Mitteln wie beispielsweise BT-Produkten¹¹² gegen Schmetterlingsmassenvermehrungen.
- Flächendeckende Erhöhung des Totholzanteils durch gezielte Managementmaßnahmen und Zulassen der natürlichen Dynamik. Dadurch Stärkung der natürlichen Widerstandskraft des Ökosystems Wald.
- Naturschutzkonzepte fördern.
- Fachstellen für Waldnaturschutz an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten als wichtiges Bindeglied zwischen Staat und Waldbesitzern stärken.
- Anpassung von Genehmigungs-, Kontroll- und Förderinstrumenten, um negative Auswirkungen von Bewässerungsmaßnahmen auf den Grundwasserspiegel und wasserabhängige Biotoptypen zu vermeiden (z. B. wasserrechtliche Genehmigung).
- Bayernweiten Naturwaldverbund auf Staatswaldflächen verwirklichen (mindestens auf mindestens 10 Prozent der Fläche der Staatsforsten).

4.4 Naturschutz und Biodiversität

>>> Ziele

- Erhaltung von gefährdeten Pflanzen und Tieren durch Optimierung ihrer Lebensräume in Bayern
- Reduktion der Nährstoff- und Schadstoffeinträge ins Gewässer, um negative Folgen der Erwärmung zu reduzieren

¹¹⁰ 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.

¹¹¹

https://www1.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP18/Drucksachen/Basisdrucksachen/0000002500/0000002835.pdf

¹¹² Bacillus Thuringensis

>>> 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.
- Monitoring für bedrohte Arten und Lebensräume regelmäßig durchführen, zusammen mit einem Monitoring invasiver Arten hinsichtlich Dynamik und Gefahrenpotenzial. Aus dem Monitoring sind erforderlichenfalls geeignete Maßnahmen zum Erhalt oder zur Bestandsstützung zu entwickeln. Maßnahmen gegen invasive Arten insbesondere dort ergreifen, wo einheimische Arten bedroht werden.
- (Degenerierte) Moore und Niedermoore renaturieren und - wo möglich - Ackerflächen in wiedervernässtes Grünland mit besonderem Augenmerk auf Kältestandorte umwandeln.
- Geeignete ökologische Korridore schaffen, um Zerschneidungs- und Barrierewirkungen abzubauen und um Wandermöglichkeiten für bedrohte Arten zu ermöglichen.
- Trittsteinbiotope und Verbundachsen und damit den Biotopverbund zuverlässig herstellen.
- Verstärkt das bayerische Kulturlandschaftsprogramm auf den Erhalt der Biodiversität ausrichten.
- 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.
- Speichervolumen von Regenrückhaltebecken erhöhen, um Schadstoffeinträge in die Gewässer durch die zunehmenden Starkregenereignisse zu verringern.

4.5 Schutz der menschlichen Gesundheit

>>> Ziele

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

>>> Maßnahmen zur Erreichung der Ziele

- Aufstellen von Hitzeaktionsplänen in allen größeren Orten und Städten. (siehe unser [Antrag „Hitze gefährdet Gesundheit“](#) und die [Handlungsempfehlungen des BMU.](#))
- Ausreichende Informationsversorgung über diverse, auch öffentlich-rechtliche Kanäle (z.B. Koordinierung von Beratungstelefonen zum Umgang mit Hitze).
- Rechtzeitig über bevorstehende Hitzewellen informieren und zielgerichtet Empfehlungen für Risikogruppen (z.B. Kinder und Senioren), besonders bezüglich Flüssigkeitszufuhr und

Sonnenschutz. „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 an öffentlichen Einrichtungen (z.B. Schulen, Kitas, Alten- und Pflegeheimen, Krankenhäuser, Psychiatrien, Polizei, Gesundheitsämter).
- Integration des Themas Klimaüberhitzung in die Aus- und Weiterbildung der Gesundheitsberufe (z.B. zur Wechselwirkung von Medikamenten bei Hitze).
- Bedürfnisorientierte Vernetzung von professionellen und nachbarschaftlichen Unterstützungsangeboten, z.B. durch Vermittlung von Hitzepatenschaften, 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. Durchsetzung der klaren Verpflichtung der Automobilkonzerne zur Einhaltung der erlaubten EURO-Norm-Emissionen.
- Monitoring der atmosphärischen Pollenkonzentration, 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“ 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 Klimaüberhitzung und Gesundheit siehe auch den [Hitzeaktionsplan der Grünen Bundestagsfraktion](#).

4.6 Siedlungsgebiete

>>> Ziele

- Reduktion der Hitzebelastung in Städten
- Reduktion der Schadstoffbelastung

>>> 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 Nürnberg¹¹³. Einstellung von Klimaschutzmanager*innen zur Koordinierung der Maßnahmen.
- Erfassung und Kartierung von Frischluftkorridoren und Kaltluftschneisen im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung. Freihaltung dieser Bereiche von weiterer Bebauung. Begrenzung der randstädtischen Bebauung an Orten, an denen Kaltluftentstehungsgebiete auftreten bzw. Kaltluftkorridore bekannt sind.
- Identifikation und Festschreibung der Grünzüge, Frischluftschneisen und Wasserflächen als Vorranggebiete in der Regionalplanung. Flächendeckende Ausarbeitung entsprechender Pläne durch die regionalen Planungsverbände.
- Ausrichtung der städtebaulichen Förderprogramme auf Grundsätze zum Schutz des Klimas und zur Anpassung an die Klimaüberhitzung.
- Festschreibung der Verpflichtung zur Begrünung in der bayerischen Bauordnung. Sollten Flächen nicht zur Verfügung stehen, sind Gründächer bzw. eine Fassadenbegrünung vorzunehmen.
- Freiflächenkonzepte in der Bebauungsplanung, Förderung privater Frei- und Grünflächen, Erhaltung von Kleingärten.
- Leitfaden und Fördermittel für ein kommunales Starkregenrisikomanagement einführen analog zu Baden-Württemberg ([Link](#)). Stabilisierung des Klimas in besiedelten Räumen durch

¹¹³ Umweltamt Nürnberg, Handbuch Klimaanpassung – Bausteine für die Nürnberger Anpassungsstrategie (https://www.nuernberg.de/imperia/md/klimaanpassung/dokumente/klimaanpassung_handbuch_low.pdf)

Zwischenspeicherung des Starkregenwassers in geeigneten, temperaturnausgleichenden Grünflächen und -dächern (siehe [Hitzeaktionsplan der Grünen Bundestagsfraktion](#)). Speicherung des Regenwassers in Zisternen zur Bewässerung der Grünflächen. Dadurch Entlastung des Abwassersystems und geringerer Grundwasserverbrauch.

- Berücksichtigung ausreichend dimensionierter Flächen für den Regenwasserablauf bzw. -rückhalt in der kommunalen Bauleitplanung. Erhaltung und Schutz naturnaher Gewässerauen und -uferzonen. Renaturierung von in Siedlungsbereichen gelegenen Fluss- und Bachläufen sowie Schaffung neuer Überflutungsflächen.
- 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; etc.
- Informationskampagnen und Beratung für Hauseigentümer*innen zur Klimaanpassung ihrer Immobilien.
- Aufklärungskampagne bei Gartenbesitzer*innen und Bauträger*innen über die Vorteile von großkronigen Bäumen auf das Siedlungsklima. Konsequente Einhaltung der Baumschutzverordnung und entsprechende Sanktionierung bei Verstößen. Förderung der Einführung von Baumschutzverordnungen, wo noch nicht vorhanden. 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, sowie Begrünung von privaten und öffentlichen Grundstücken.
- Installierung kostenfreier Trinkwasserbrunnen (Trink Bars) in Innenstädten, an Hitze-Hot-Spots sowie Bus- und Bahnhofstestellen.
- 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“) der Grünen Landtagsfraktion aufgeführt.

4.7 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 inkl. verstärkter Besucherlenkung und -information, um die zunehmende Nutzung besonders des alpinen Raums naturverträglich zu gestalten.
- Förderung und Erweiterung des ÖPNV in Urlaubsregionen, um die naturverträgliche An- und Abreise zu fördern, die Beeinträchtigungen durch Individualverkehr zu minimieren und CO₂-Emissionen insgesamt zu reduzieren.
- 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 Neubaus von Beschneiungs- und Liftanlagen 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 Erwärmung bedroht sind.

Ausführlichere Ziele und Maßnahmen sind im [Konzept „Tourismus“](#) („Grüne Tourismuspolitik für Bayern - naturverträglich, regional, gastfreundlich“) der Grünen Landtagsfraktion aufgeführt.

V. Quellenverzeichnis

5.1 Literaturverzeichnis

- Antwort der Bundesregierung auf schriftliche Anfrage der Grünen, zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Fließgewässer, Drucksache 18/12692
- Atlas der Umweltmigration, oekom Verlag München 2017
- Augter G, Roos M (2011) Berechnung von Sturmintensitäten für Deutschland. Bericht des Deutschen Wetterdienstes Nr. 236, Offenbach am Main
- Bätzing, Werner: Die Alpen, Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft, 2015
- Bayerischer Landtag, Antwort schriftliche Anfrage Christian Magerl, Drucksache 17/8031
- Krautblatter et al. 2013
- Mattson & Haack (1987). Erhöhung von Hitzestress, Waldbrandgefahr und Versauerungsgefährdung (BayKLAS)
- RAUH, J., PAETH, H.: Anthropogener Klimawandel und Weinwirtschaft: Wahrnehmung und Anpassungsmaßnahmen fränkischer Winzer auf den Wandel klimatischer Bedingungen, 2011

5.2 Internetquellen

- <http://www.martin-stuempfig.de/klimaschutz/klimaschutzkonzepte.html>
- https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema_des_Tages/3374/hurrikan-michael-wirbelsturm-mit-historischem-ausmass-fuer-die-usa
- <https://www.wissen.de/sturm-katastrophen-deutschland>
- https://www.dwd.de/DE/presse/hintergrundberichte/2015/Orkantief_NIKLAS_PDF.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- <https://www.gdv.de/de/themen/news/sturm--niklas--verursacht-schaeden-in-hoehe-von-750-millionen-euro-13946>
- <https://www.br.de/nachrichten/bayern/verletzte-nach-schwerem-gewitter-in-oberbayern,RT00OuR>
- <https://www.bayern.de/wp-content/uploads/2014/06/Klimaprogramm-Bayern-2020.pdf>
- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/weltweite-temperaturen-extremwetterereignisse-seit#textpart-2>
- <https://www.stmuv.bayern.de/themen/klimaschutz/forschung/klimareport2015.htm>
- <http://www.cec-potsdam.de/wettreg.html>
- <https://www.lfu.bayern.de/klima/klimaanpassung/bayern/index.htm>
- <https://www.wetter-by.de/Internet/AM/inetcntrBY.nsf/cuhome.xsp?src=5SN86V135Q&p1=M31Y6HL7P9&p3=N4MWU1A975&p4=4D078O1691>
- http://www.kliwa.de/_download/KLIWAHeft8.pdf
- <http://nid.bayern.de/lage/archiv/99>
- http://nid.bayern.de/grundwasser/tiefere_stockwerke
- <https://www.nid.bayern.de/>
- <http://www.martin-stuempfig.de/de/news/detailansicht/article/zustand-der-gewaesser-die-zahlen-taugen-nicht-fuer-einen-tourismusprospekt.html>
- <https://www.stmelf.bayern.de/service/presse/pm/2019/217453/>
- <https://www.topagrar.com/news/Acker-Agrarwetter-Ackernews-Hohe-Millionenschaeden-durch-grossflaechigeSpaetfroeste-8125461.html>

- https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Markt-Statistik/Ernte2018Bericht.pdf?__blob=publicationFile
- https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachhaltige-Landnutzung/Klimawandel/_Texte/Extremwetterlagen-Zustaendigkeiten.html
- https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/klimaschutz/Studie_-_Klimaauswirkungen_Dland.pdf
- https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/starkregen-bodenerosion_sturzfluten_lfl-schriftenreihe.pdf
- <https://www.lfl.bayern.de/verschiedenes/ueberuns/158442/index.php>
- <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Faktenblatt-Landwirtschaft-Klimawandel.pdf>
- <http://www.proholz.at/holz-ist-genial/CO2-neutral/>
- <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2019/07/wie-baeume-das-klima-retten-koennten.html>
- <http://www.fva-bw.de>
- https://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel_CO2/fva_arealverschiebung_hauptbaumarten/index_DE
- http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/waldschutz/dateien/waldzustandserhebung_2018_web.pdf
- http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/waldschutz/dateien/anlage_Übersichtstabelle__kze_2005-2016.pdf
- http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/trockenheit/fva_trockenheit_w2_1/index_DE
- https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/w49_waldflaeche_und_waldstruktur_gesch.pdf
- https://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/wald/forstpolitik/dateien/130510-klimarisikokarte_beispiele.pdf
- <http://www.stmelf.bayern.de/wald/forstpolitik/wald-im-klimawandel/037277/index.php>
- <https://www.stmelf.bayern.de/agrarpolitik/foerderung/200252/index.php>
- <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/Klimawandel-Insekten-in-Unterfranken-vermehren-sich-rasant;art735,10261360>
- <https://www.stmelf.bayern.de/wald/waldschutz/waldbrand/index.php>
- <https://www.dwd.de/DE/leistungen/waldbrandgef/waldbrandgef.html>
- https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2019/20190423_niederschlagsdefizite_2018_news.html
- http://www.cipra.org/de/dossiers/22/1052_de/inline-download
- <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2019-07/klimawandel-waldsterben-milliardenschaeden-wiederaufforstung>
- <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/mehr-wirtschaft/baumsterben-patient-wald-15846204.html>
- <https://www.derstandard.de/story2000101912182/klimawandel-beschleunigt-comeback-des-baumsterbens>
- http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a60_forstschaedlinge_profitieren_vom_klimawandel.pdf
- <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/28070/documents/40120>

- (http://www.wagner-ugau.de/data/moore/_docs/moorpflanzen_eiszeitrelikte_hydrologie/ANL_moorhydrologie_eiszeitrelikte_wagner_20081205_ppt.pdf)
- <https://www.robinwood.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Magazin/2010-4/107-12-13-titel-klima1b.pdf>
- https://www.lfu.bayern.de/natur/klimawandel/doc/klimawandel_artikel.pdf
- http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Alpine_Ökosysteme
- https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wissen/553835_Neue-Arten-bringen-neue-Gefahren.html
- https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wissen/553835_Neue-Arten-bringen-neue-Gefahren.html
- <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/klimawandel.html>
- <https://neobiota.bfn.de/>
- <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/neobiota-und-naturschutz.html>
- <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript409.pdf>
- http://www.neobiota.info/sb_Koerbchenmuschel.php
- <http://fliessgewaesserbiologie.kliwa.de/indikatoren/wirkungsbeziehungen/>
- <https://www.augsburger-allgemeine.de/bayern/Diese-bayerischen-Seen-sollten-Sie-lieber-meiden-id54526476.html>
- <https://www.br.de/radio/bayern1/blualgen-106.html>
- <https://www.br.de/nachrichten/wissen/baden-verbotten-giftige-blualgen-gefahr-fuer-die-gesundheit,R1Ms1rk>
- <https://www.mainpost.de/regional/wuerzburg/Klimaforscher-warnt-vor-Umweltkatastrophen-in-Unterfranken;art735,10249517>
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/qualitaet-von-badegewaessern#textpart>
- <https://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/herzkreislauf/article/991621/reinhardt-hitze-muss-tempo-runter.html>
- <https://www.bz-berlin.de/deutschland/tausende-deutsche-sterben-waehrend-hitzewellen>
- <http://www.bfs.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BfS/DE/2018/0801-uv.html>
- http://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/wirkung/langfristig/langfristig_node.html;jsessionid=7323958DB659938491B8DEB5C6171D6F.1_cid365
- <https://www.tk.de/techniker/gesundheits-und-medizin/praevention-und-frueherkennung/hautkrebs-fruehererkennung/hautkrebs-wie-hoch-ist-das-risiko-2015296>
- <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/103835/Borreliosefaelle-in-Bayern-gestiegen>
- https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2018/Ausgaben/15_18.pdf?__blob=publicationFile
- <http://www.apug.de/umwelteinfluesse/klimawandel/tiere.htm>
- <https://wuerzburg.bund-naturschutz.de/themen/klimawandel.html>
- https://www.cipra.org/de/publikationen/szenealpen-nr-102-destination-alpen/Szene_Alpen_2017_dt_klein.pdf/inline-download
- https://www.nuernberg.de/imperia/md/klimaanpassung/dokumente/klimaanpassung_handbuch_low.pdf

Stand: Dezember 2019



KONTAKT:

Patrick Friedl, MdL

Sprecher für Naturschutz und Klimaanpassung

BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN

im Bayerischen Landtag

Maximilianeum, 81627 München

Tel.: 089 4126-2451

patrick.friedl@guene-fraktion-bayern.de

www.gruene-fraktion-bayern.de