

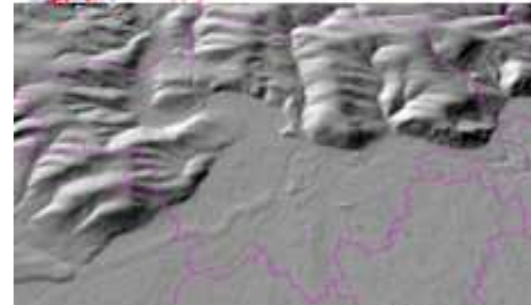
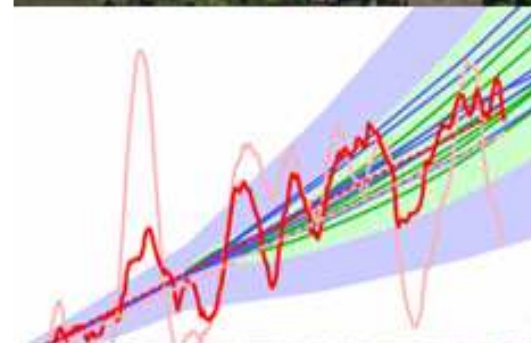
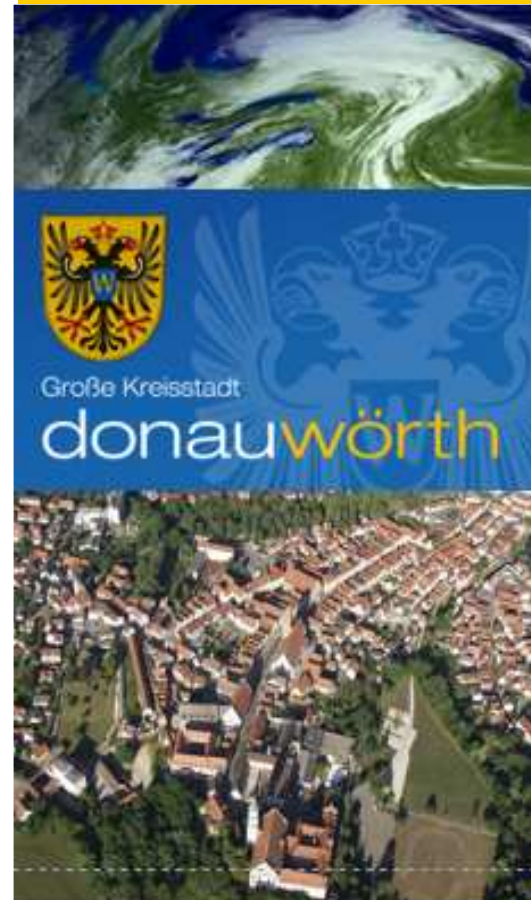
Der Klimawandel

Auswirkungen auf die große Kreisstadt Donauwörth

Prognosen regionaler Modelle und Möglichkeiten
der Anpassung

erstellt von:
Energie- und Umweltzentrum Allgäu (eza!)
Dr. Hans-Jörg Barth
im Januar 2015

Burgstraße 26
87435 Kempten
tel 0831 960286-85
fax 0831 960286-89
barth@eza.eu
www.eza.eu



Vorwort

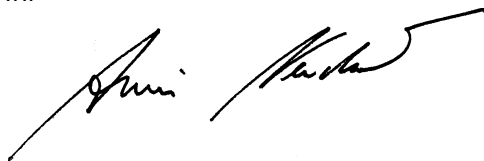
Sehr geehrte Bürgerinnen und Bürger,

Der Umbau der Energieversorgung und damit der Schutz des Klimas ist eines der zentralen Themen des 21. Jahrhunderts. Es stellt sich die Frage, was wir den nachfolgenden Generationen für eine Welt hinterlassen wollen und wie hoch die Altlasten unseres derzeitigen Wirtschaftens in der Zukunft sein werden.

Dass wir mit der Verbrennung von fossilen Energieträgern massiv zur Erwärmung des Klimas beitragen ist mittlerweile unbestritten, auch wenn die Medien immer wieder die gegenteilige Meinung Einzelner gerne aufgreifen und verbreiten. Im neuen Weltklimabericht des IPCC von 2014 werden die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Modellierungsergebnisse der letzten Jahre detailliert geschildert. Und die Aussichten sind alles andere als beruhigend. Wenn wir die globale Erwärmung auf zwei Grad begrenzen wollen, dann erfordert dies umgehende Aktionen – und zwar weltweit. Natürlich haben wir es nicht in der Hand, was in China, USA oder Australien passiert und unsere Anstrengungen in Donauwörth sind nicht mehr als ein Tropfen auf den heißen Stein, aber wollen wir deshalb zuschauen, wie ganze Küstenregionen überflutet und Millionen Menschen zu Klimaflüchtlingen werden?

Nein, wir in Donauwörth haben uns dem Klimaschutz schon lange verschrieben und waren unter den ersten Städten in Bayern, welche die Energiewende mit dem European Energy Award® systematisch zur Umsetzung brachten. Die erneute Auszeichnung durch die Umweltministerin Ulrike Scharf 2014 zeigt uns, dass wir damit auf dem richtigen Weg sind. Und dazu gehört es auch, dass wir uns klar machen, was die klimatischen Veränderungen für unsere Region bedeuten. Wir haben diese Klimawandelstudie in Auftrag gegeben, damit die Erkenntnisse mehrerer Forschungsprogramme zur regionalen Modellierung für unsere Region auf eine verständliche Weise zusammengefasst werden. Wenn wir wissen, womit wir in Zukunft rechnen müssen, dann können wir schon heute anfangen uns darauf einzustellen und notwendige Anpassungsmaßnahmen zu planen und umzusetzen. Allem voran steht hier natürlich der Hochwasserschutz. Daneben gibt es aber noch zahlreiche weitere Themenfelder, wo wir mit entsprechenden Anpassungen die negativen Auswirkungen in Zukunft abmildern und damit auch ganz erhebliche Kosten durch Schadensereignisse verhindern können. Dieses Papier führt uns in die Thematik ein und zeigt auf, wo wir als Bürger und Stadtverwaltung Potenziale und Handlungsbedarf haben, die Zukunft enkeltauglich zu gestalten. Denn wenn eines klar wird, dann ist es die Tatsache, dass es nicht ausreicht, als Stadt energieeffizient zu werden und erneuerbare Energien einzusetzen, sondern wir müssen dem Klimawandel auch bei uns ins Auge sehen und uns und unsere Infrastruktur darauf einstellen.

Mit freundlichen Grüßen
Ihr



Armin Neudert
Oberbürgermeister



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Zusammenfassung	4
1 Der Klimawandel in der Region	5
1.1 Die beobachtete Veränderung	8
1.1.1 Temperatur	8
1.1.2 Niederschlag	10
1.2 Die regionale Modellierung	11
1.3 Die zu erwartenden Änderungen in der Region	11
1.3.1 Temperatur	12
1.3.2 Niederschlag	14
2 Auswirkungen der Veränderung der Klimaparameter	16
2.1 Wasserhaushalt	16
2.2 Biodiversität und ökologische Systeme	19
2.3 Vegetation	20
2.4 Auswirkungen auf die Forstwirtschaft	21
2.5 Auswirkungen auf die Landwirtschaft	22
2.6 Fazit für die Stadt Donauwörth	23
3 Maßnahmen	23
3.1 Hochwasserschutz	23
3.2 Wasserversorgung und -entsorgung	26
3.3 Waldumbau	27
3.4 Landwirtschaft	28
3.5 Naturschutz	29
3.6 Katastrophenschutz	29
3.7 Gesundheit	30
Quellen	31

Zusammenfassung

Die klimatischen Verhältnisse in der Stadt Donauwörth werden sich im Mittel zwischen 2030 und 2050 weiter verändern. Es ist mit einer Temperaturzunahme von ca. 1 Grad zu rechnen. Die stärkste Erwärmung von ca. 1,5 Grad wird im Winter stattfinden, wohingegen im Frühjahr im Durchschnitt die geringste Erwärmung von ca. 0,6 Grad erwartet wird. Die Sommer werden trockener mit einer zunehmenden Anzahl von Hitzetagen (über 30°C). Die Niederschläge werden über alle Jahreszeiten intensiver mit einer zunehmenden Anzahl an Starkregenereignissen. Besonders in den Wintermonaten steigt damit das Hochwasserrisiko, aber auch im Sommer ergibt sich starkregenbedingt besonders durch die Donauzuflüsse ein verstärktes Risiko. Die Veränderungen der klimatischen Parameter haben weitreichende Folgen für die Lebewelt, die Böden, die Hydrologie und damit auch unmittelbar für die Bürger der Stadt Donauwörth. Im Folgenden sind die für die Stadt empfohlenen Maßnahmen aufgeführt:

Hochwasserschutz

- Umsetzung der vom WWA Donauwörth 2012 formulierten Projektplanungen zum Ausbau des Hochwasserschutzes für die fünf Schwerpunktgebiete
- Weiterführung der bereits vorbildlich praktizierten Bürgereinbindung durch die drei Projektgruppen
- Eine Vorbildrolle einnehmen und grundsätzlich keine Neubauvorhaben in den Überflutungsbereich hinein planen
- Minimierung von Oberflächenabfluss bei Neubaugebieten konsequent umsetzen (Flächenversiegelung, Infiltrationsförderung, Zisternen, Dachbegrünung etc.)
- Abwasser-Trennsystem weiter konsequent ausbauen
- Mittelfristig Überprüfung des Abwasserkanalsystems mittels Starkregensimulationen (NiedSim)

Land- und Forstwirtschaft

- Den bisherigen vorbildlichen Waldumbau weiter konsequent umsetzen
- Dringende Anpassung der Wildbestände auf ein waldverträgliches Niveau (besonders die klimaverträglichen Baumarten sind extrem verbissgefährdet)
- Motivation und Unterstützung zur Umstellung auf ökologische Wirtschaftsweisen
- Ausbau des Biotopverbundsystems
- Mais- und Hackfrüchte auf erosionsgefährdeten Standorten zugunsten anderer Anbauprodukte reduzieren

Sonstiges

- Simulation der Evakuierung des Klinikums (hochwasserbedingt)
- Erstellung entsprechender Notfallkonzepte (Katastrophenschutz)
- Beobachtung der Veränderungen bei Schädlingen und Vektoren (Zecken, Stechmücken, asiatische Tigermücke, Eichenprozessionsspinner,...)
- Vorteile einer Wohnraumbelüftung für Allergiker herausstellen (Öffentlichkeitsarbeit für Passivhaus)

1 Der Klimawandel in der Region

Der Klimawandel ist auch in Bayern messbar und hat zur Veränderung verschiedener klimatischer Kenngrößen geführt, welche sich auf verschiedenste Lebensbereiche auswirken, angefangen von Veränderungen im Wasserhaushalt bis hin zu Folgen für die Gesundheit der Bürger in Bayern. Um abschätzen zu können, wie sich die heimischen Ökosysteme verändern werden und mit welchen Folgen wir für die betroffenen Kommunen, Bürger und die Wirtschaft in Zukunft zu rechnen haben, werden im Folgenden die anhand von Klimaprojektionen ermittelten Veränderungen der wichtigsten Klimaparameter in der Region dargestellt.

Im Rahmen des Kooperationsprojektes KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) bearbeitet das LfU (Bayerische Landesamt für Umwelt) diese Fragestellungen. Mit den Ergebnissen aus KLIWA wurde von der Bayerischen Staatsregierung im Jahr 2009 die Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS) beschlossen, die erste Auswertungen für die Entwicklung der Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag in Bayern enthält (Danneberg et al. 2012). Es ist die Aufgabe der Kommunen, sich mit den lokalen Folgen der klimatischen Veränderungen auseinanderzusetzen. Was hier getan werden sollte und wie entsprechende Anpassungsmaßnahmen in der Planung verankert werden können, ist Gegenstand des zweiten Teils dieser Studie.

Zur Abschätzung der Veränderung der Klimaparameter wird den regionalen Modellierungen ein Emissionsszenario zugrunde gelegt, in welchem verschiedene Randbedingungen über die zukünftige Entwicklung der Weltbevölkerung, der Wirtschaft und gesellschaftlicher Veränderungen (global) vorgegeben sind. Daraus wird mit einem Globalen Zirkulationsmodell (GCM) die globale Veränderung der Klimaparameter in einem derzeitigen Raster von 200-100 km dreidimensional wiedergegeben. Die Ergebnisse der verschiedenen Emissionsszenarien sind im 5. Sachstandsbericht des Weltklimarates des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) dargestellt (IPCC 2013). Die regionale Modellierung setzt auf dem Globalen Zirkulationsmodell auf und verfeinert die Ergebnisse unter weiterer Berücksichtigung regionaler Besonderheiten mit einer größeren räumlichen Auflösung. Grundsätzlich werden Trends nur dann als robust bezeichnet, wenn die große Mehrzahl der Modelle (welche unabhängig mit unterschiedlichen Ansätzen die Fragestellung bearbeiten und modellieren) einheitliche Ergebnisse liefert. Da wir die Zukunft nicht kennen, müssen wir mit verschiedenen Annahmen für die künftige Entwicklung auf der Erde arbeiten. Da hier wiederum mehrere Möglichkeiten wahrscheinlich sind, werden verschiedene Szenarien durchgespielt und der Klimamodellierung zugrunde gelegt. Welche dies sind, und welche Annahmen für diese charakteristisch sind, wird in folgendem Exkurs kurz dargestellt.

Exkurs Emissionsszenarien:

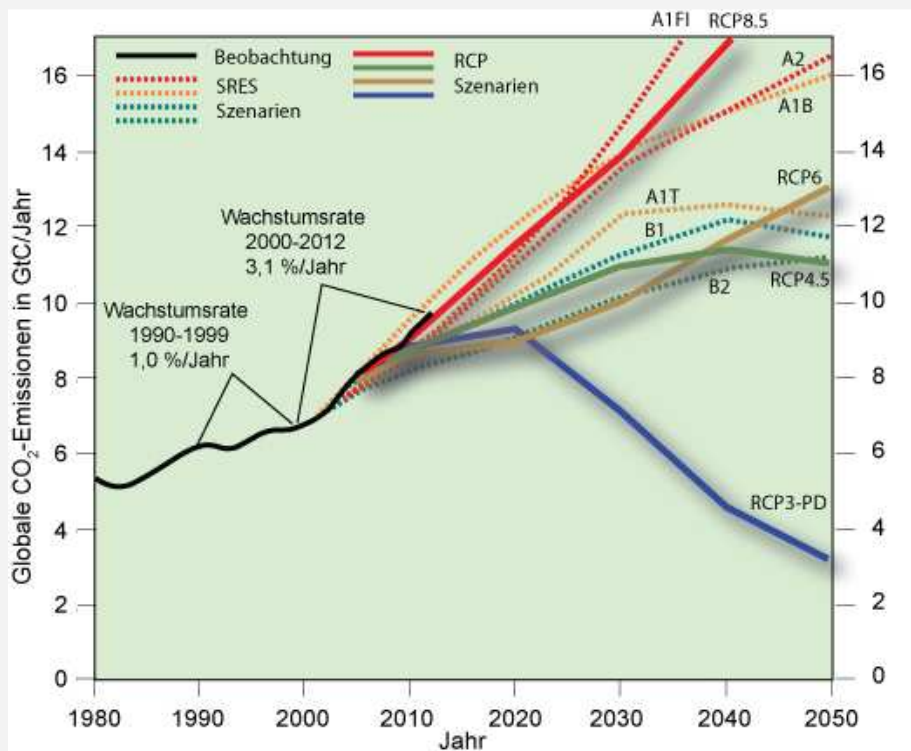


Abb. 1: Trends der Temperaturentwicklung bis zum Jahr 2100 für verschiedene Szenarien (Peters et al. 2012)

Die den früheren Sachstandsberichten des Weltklimarates zugrunde liegenden Szenarien basierten auf verschiedenen möglichen Entwicklungen in den Bereichen Bevölkerungswachstum, technologische, ökonomische und soziale Entwicklung sowie dem entsprechenden Ressourcenverbrauch der nächsten Dekaden bis zum Jahr 2100. Insgesamt wurden 40 Szenarien berechnet und in vier Szenarien-Familien (A1, A2, B1 und B2) gruppiert:

A1 stellt die Entwicklung für ein rasches Wirtschaftswachstum, einer Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden Weltbevölkerung und der schnellen Einführung neuer Technologien dar. Die sozialen Disparitäten werden vermindert. Verschiedene technologische Änderungen der Energiesysteme bestimmen die Ergebnisse der einzelnen Unter-Szenarien der Familie.

A2 beschreibt eine heterogene Welt mit stetig steigender Bevölkerung und geringem Wirtschaftswachstum. Soziale Spannungen und räumlich sehr variable Entwicklungen charakterisieren das Bild. Technologischer Fortschritt ist generell sehr viel langsamer als in anderen Szenarienfamilien.

B1 zeigt bei Bevölkerung und sozialer Entwicklung eine ähnliche Entwicklung wie A1, allerdings wird der Wandel zu einer Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft schneller vollzogen und der Ressourcenverbrauch ist rückläufig. Umweltgerechte Nachhaltigkeit nimmt global eine hohe Bedeutung ein.

B2 repräsentiert eine Welt mit vielen lokalen und sehr unterschiedlichen Entwicklungen. Die Bevölkerung steigt – aber langsamer als bei A2. Die wirtschaftliche Entwicklung ist langsam und durch vielfältigen technologischen Fortschritt gekennzeichnet (mehr als in B1 und A1).

Die beschriebenen Szenarien sind in Abb. 1 als gerissene Linien dargestellt.

Die neuen Szenarien aus dem 5. Sachstandsberichtes des IPCC (2013) basieren im Gegensatz zu den bisherigen auf repräsentativen Konzentrationspfaden (Representative Concentration Pathways RCPs). Der Schwerpunkt liegt hier nicht auf den Emissionen (in Abhängigkeit verschiedener sozioökonomischer Entwicklungen), sondern auf den Konzentrationen und dem entsprechenden Strahlungsantrieb der verschiedenen Treibhausgase (IPCC 2013). Auf diesen Szenarien aufbauend werden mittels globaler Zirkulationsmodelle dann die mittleren regionalen Auswirkungen auf das Klima errechnet.

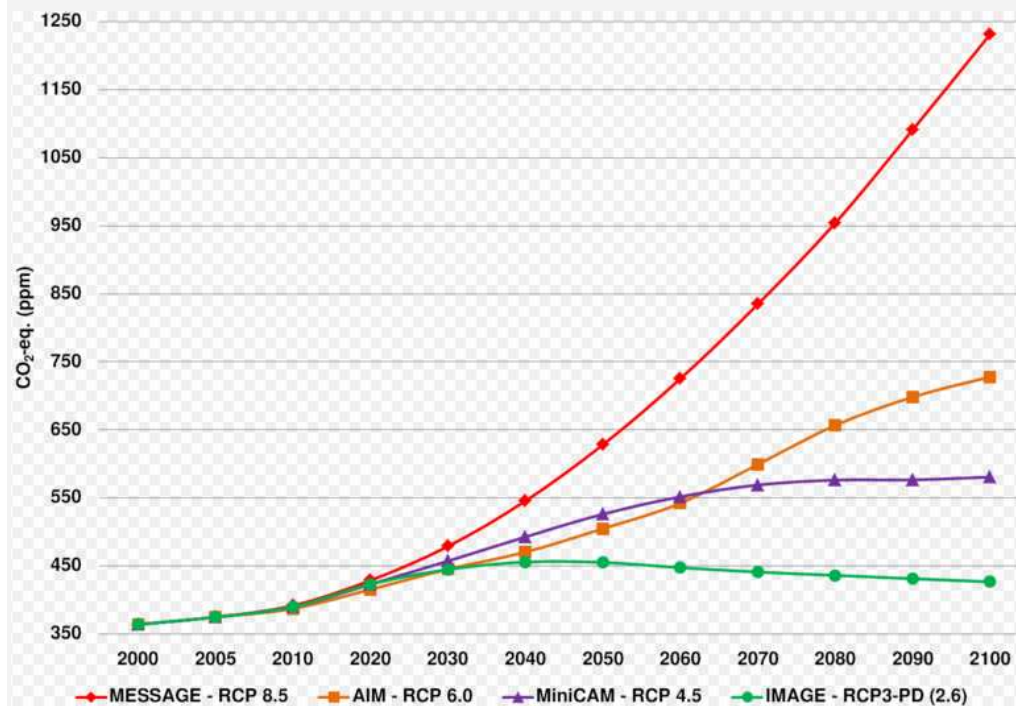


Abb. 2: Repräsentative Konzentrationspfade der CO₂-Äquivalente in der Atmosphäre bis 2100 (gegenwärtig befinden wir uns auf der roten Linie, IPCC 2013)

Mit dem RCP 2.6 ist nun erstmals ein Szenario dabei, das auch weltweit ambitionierte Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt (Abb. 2). Die Kennzeichnung der verschiedenen Szenarien richtet sich nach dem entsprechenden Strahlungsantrieb in W/m² bis zum Jahr 2100. Repräsentativ sind diese deshalb, da sie aus der Synthese zahlreicher verschiedener Modellierungen generiert worden sind. Gegenwärtig befindet sich die Weltwirtschaft auf dem roten Pfad (RCP 8.5), welcher langfristig das negativste IPCC Szenario (A1-F1) noch übertrifft und bereits jetzt (2014) das noch im Jahr 2007 als wahrscheinlichstes erachtete A2-Szenario nach oben (mit mehr CO₂-Emissionen) überschritten hat. B1 und RCP 4.5 zeigen das optimistische Szenario mit einer weltweit einsichtigen aktiven Klimaschutzpolitik und Konzentration auf regionale Kreisläufe. RCP3-PD geht von einer weltweiten Emissionsspitze 2020 aus mit massiven CO₂-Reduzierungen (auf der Basis von derzeit nur theoretisch vorhandenen Technologien) in den folgenden Jahren, was derzeit als eher unwahrscheinlich erachtet werden kann.

Die Ergebnisse der Berechnungen regionaler Klimamodelle sind keinesfalls als Prognosen zu verstehen. Sie sind vielmehr als eine mehr oder weniger belastbare Indikation möglicher Entwicklungen anzusehen, welche im Durchschnitt in der Zukunft das klimatische Geschehen in der

Region bestimmen. Grundsätzlich werden mehrere regionale Klimaprojektionen gebündelt betrachtet (sogenannte Ensembles). Wo übereinstimmende Aussagen auftreten, können die Ergebnisse, wie bereits oben erwähnt, als belastbar angesehen werden. Dennoch ergibt sich systembedingt immer eine Ergebnisbandbreite (Korridor), in welchem die zukünftige klimatische Entwicklung (unter den getroffenen Annahmen) wahrscheinlich liegt (Danneberg et al. 2012).

1.1 Die beobachtete Veränderung

1.1.1 Temperatur

Bei der Lufttemperatur ist in ganz Bayern in der Zeitreihe von 1931-2010 eine deutliche Temperaturzunahme von bisher $1,1^{\circ}$ zu erkennen (Abb. 3). Über den Gesamtzeitraum betrachtet ist diese für das Winterhalbjahr ($+1,2^{\circ}$) etwas größer als für das Sommerhalbjahr ($0,9^{\circ}$) (LUBW 2012). Während der letzten 10 Jahre (bis 2010) ist allerdings im Sommerhalbjahr eine stärkere Temperaturzunahme festzustellen.

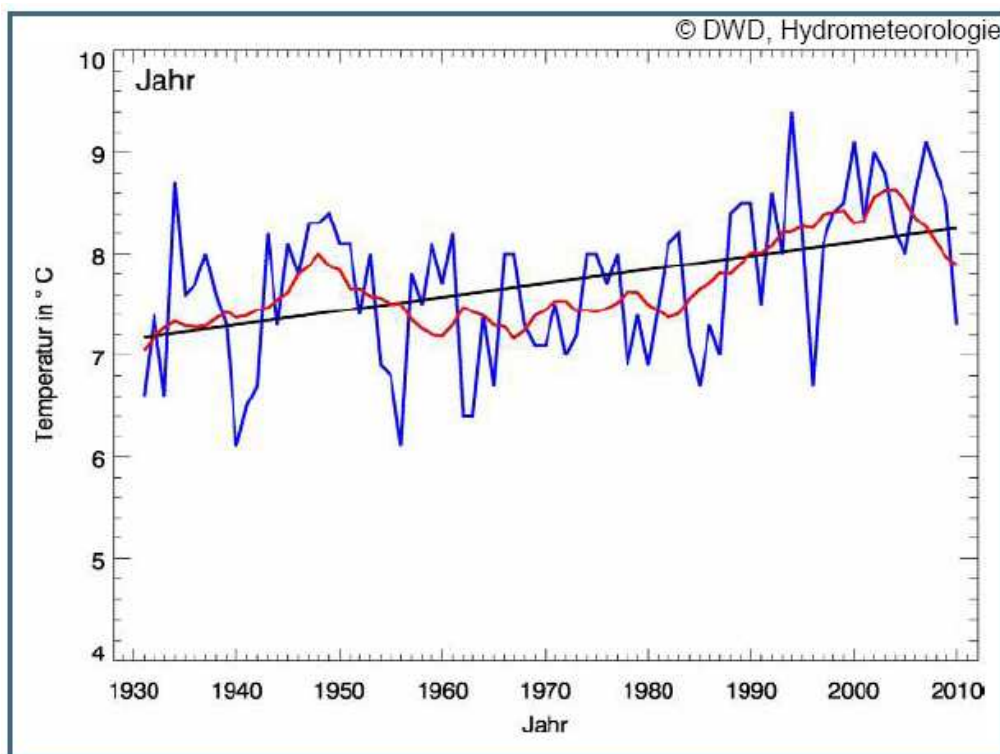


Abb. 3: Verlauf der Jahresmitteltemperatur in Bayern (blau); gleitender zehnjähriger Mittelwert (rot) und linearer Trend (schwarz) 1931-2010 (aus LfU 2012)

2014 war mit $9,6^{\circ}\text{C}$ (Jahresmittel) das wärmste bisher gemessene Jahr in Bayern und lag damit $2,1^{\circ}$ über dem Mittel der Referenzperiode von 1960-1990 ($7,5^{\circ}\text{C}$). Auch in diesem Fall war der Winter

besonders mild. Die Abweichungen der Monatsmittelwerte konzentrierten sich auf den Zeitraum von Januar bis April und Oktober bis Dezember (Abb. 4).

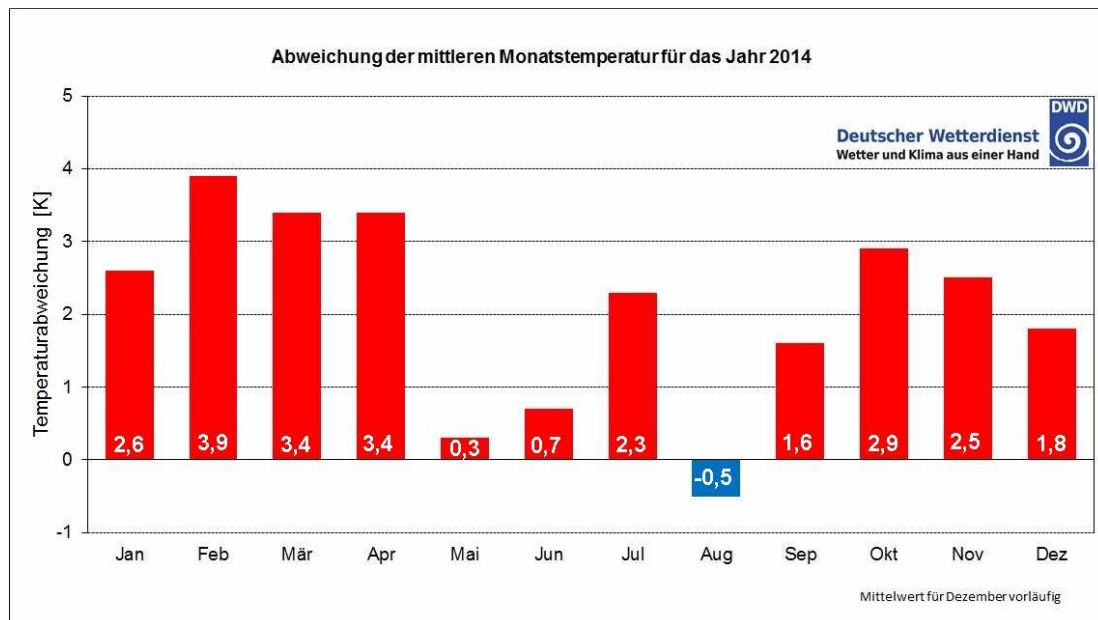


Abb. 4: Abweichungen der Monatsmittelwerte im Jahr 2014 von der Referenzperiode 1960-1990

Auffällig ist die Konzentration auf das Winterhalbjahr (DWD 2015).

Beim Vergleich der Periode von 1961 bis 1990 mit dem Zeitraum von 1981-2010 an der Station Augsburg zeigt sich, dass die stärkste Erwärmung im Mittel im Frühjahr (März bis Mai) und Sommer (Juni bis August) zu beobachten war. Hier liegt die Temperaturzunahme bei 0,7 °C. Die geringste mittlere Erwärmung von 0,2°C ist im Zeitraum von September bis November zu beobachten (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Beobachtete Temperaturzunahme in den verschiedenen Jahreszeiten an der Station Augsburg

Augsburg	1981-2010	1961-1990	Änderung
	T-Mittel	T-Mittel	in °C
Dez-Feb	-0,10	-0,60	0,50
Mrz-Mai	8,40	7,70	0,70
Jun-Aug	17,20	16,50	0,70
Sep-Nov	8,50	8,30	0,20

Interessant ist der Vergleich mit dem bisher wärmsten Jahr 2014. Hier lag die Periode von Dezember bis Februar um ganze 3,4° über dem Mittel von 1960-1990, das Frühjahr (März bis Mai) immerhin noch 1,9° darüber ebenso wie der Herbst (September bis November). Lediglich der Sommer lag unter dem Mittel von 1981-2010 und nur 0,6° über dem Mittel von 1960-1990. Dies verdeutlicht den Trend der letzten Jahre hin zu deutlich wärmeren Winterperioden.

1.1.2 Niederschlag

Beim jährlichen Gebietsniederschlag in Bayern ist die Zunahme im Mittel gering, allerdings ist im Winterhalbjahr in allen Regionen Bayerns ein Anstieg von 17-27 % (je nach Region) feststellbar (Abb. 5). Die Sommerniederschläge zeigen regional keine einheitliche Änderung. Im Mittel ist im Sommer aber ein leichter Rückgang zu beobachten.

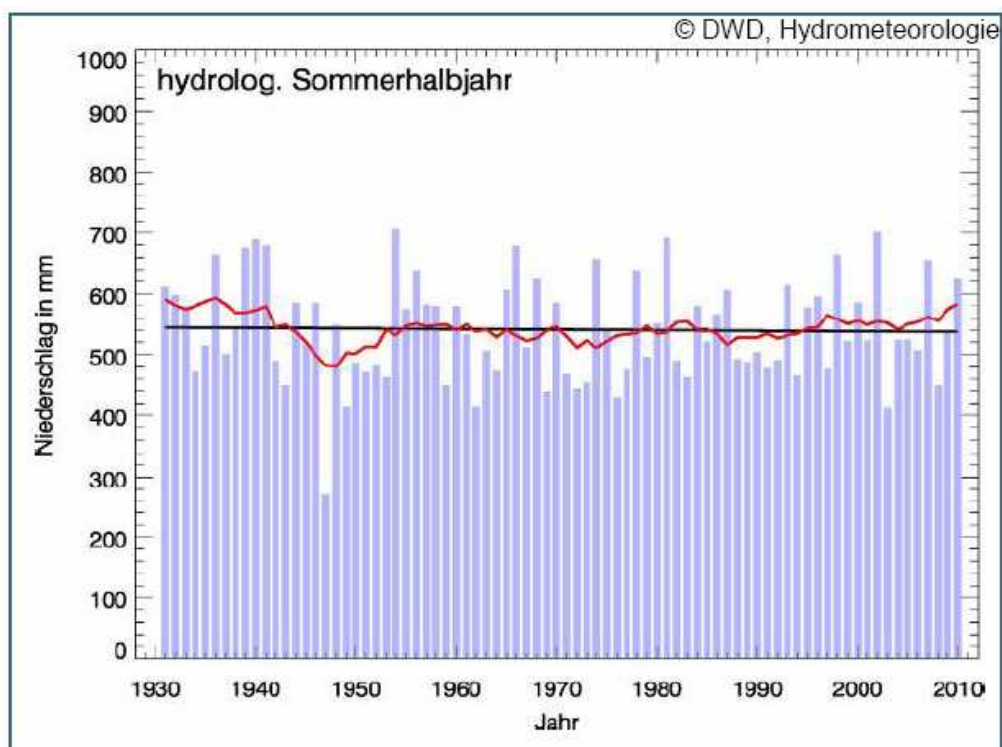
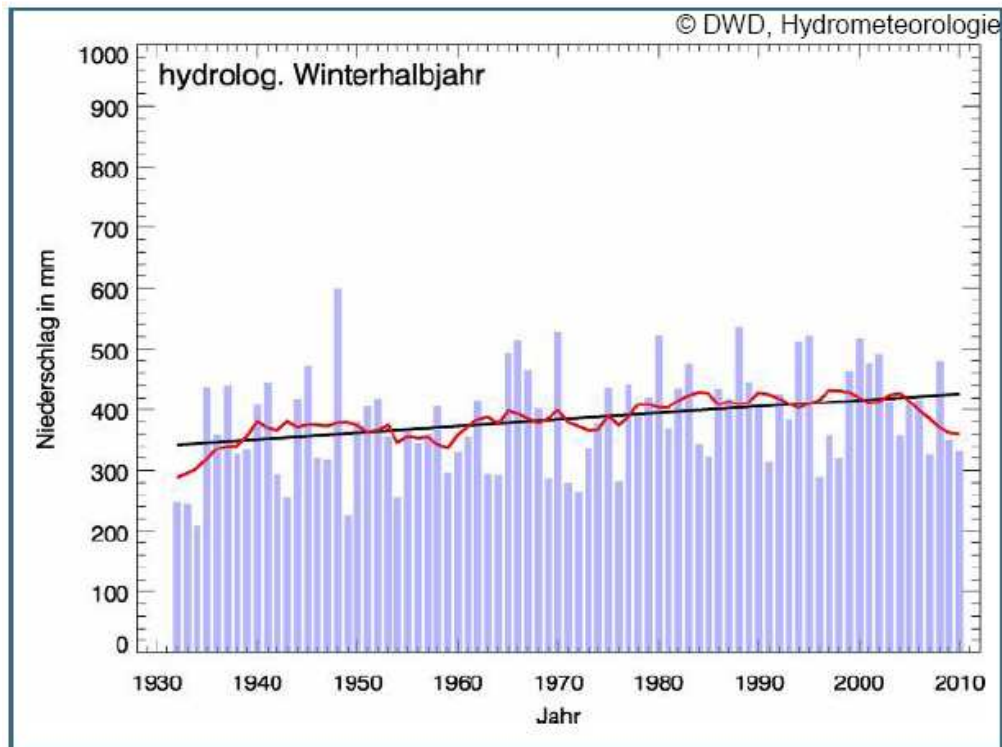


Abb. 5: Verlauf des mittleren Niederschlags in Bayern; gleitender zehnjähriger Mittelwert (rot) und linearer Trend (schwarz) für das Winter- (oben) bzw. Sommerhalbjahr (unten) von 1931-2010 (aus LfU 2012)

Man erkennt sowohl bei den Niederschlägen als auch bei der Temperatur eine grundsätzlich hohe Variabilität von Jahr zu Jahr. Diese Charakteristik dürfte sich in Zukunft durch die fortschreitende Erwärmung weiter verstärken.

1.2 Die regionale Modellierung

Die den dargestellten Ergebnissen zugrunde liegenden globalen und regionalen Klimamodelle sind in der folgenden Abb. 6 aus dem Klimabericht Bayern dargestellt und basieren auf dem A1B Emissionsszenario des IPCC (vgl. Exkurs) sowie dem globalen Zirkulationsmodell (GCM) ECHAM 5. Kontrollläufe zur Modellierung der Daten von 1971-2000 werden standardmäßig zur Verifizierung und Kalibrierung der Klimaprojektionen herangezogen.

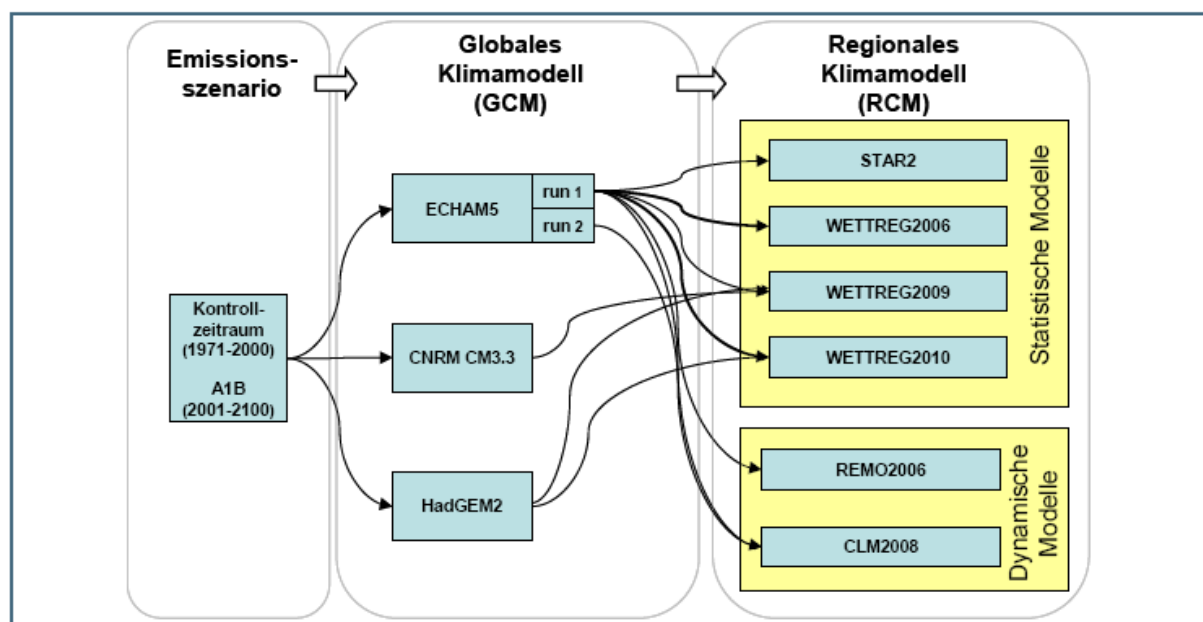


Abb. 6: Darstellung der Modelle der bayernweit ausgewerteten Klimaprojektionen (aus LfU 2012)

1.3 Die zu erwartenden Änderungen in der Region

Da die landschaftliche Vielfalt im Donautal sehr ausgeprägt ist, wird sich der fortschreitende Klimawandel sehr differenziert bemerkbar machen. Generell scheint der Alpenraum, wie auch die großen Flusstäler (Donautal), gegenüber den erwarteten Änderungen besonders sensibel zu reagieren. Aus diesem Grund müssen die Veränderungstrends auf die regionale und lokale Ebene

herunter skaliert werden. Die regionalen Prognosen der hier betrachteten Modelle sind Angaben zur wahrscheinlichen Entwicklung innerhalb bestimmter Zeiträume und daher nicht als konkrete Vorhersage zu betrachten.

Die Entwicklung der Temperatur in Bayern wird allgemein von einer weiteren Erwärmung geprägt. Diese wird in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts gemäßigt voranschreiten und sich in der zweiten Hälfte deutlich beschleunigen. Hiervon werden maßgeblich der Süden und Westen Bayerns betroffen sein, wo die Erhöhungen der Temperaturmittel bis 2100 bei 4° und mehr liegen werden (LfU 2012). Neben dem Temperaturanstieg werden die Sommer im Mittel niederschlagsärmer und die Winter niederschlagsreicher. Die klimatischen Extremereignisse werden zunehmen. Dies dürfte zum einen an Änderungen der globalen Zirkulationsmuster (im Falle Bayerns an vermehrtem Einfluss winterlicher atlantischer Zyklonen bzw. Tiefdruckgebiete) als auch an der statistischen Häufigkeitsverteilung der Klimaparameter liegen (Abb. 7).

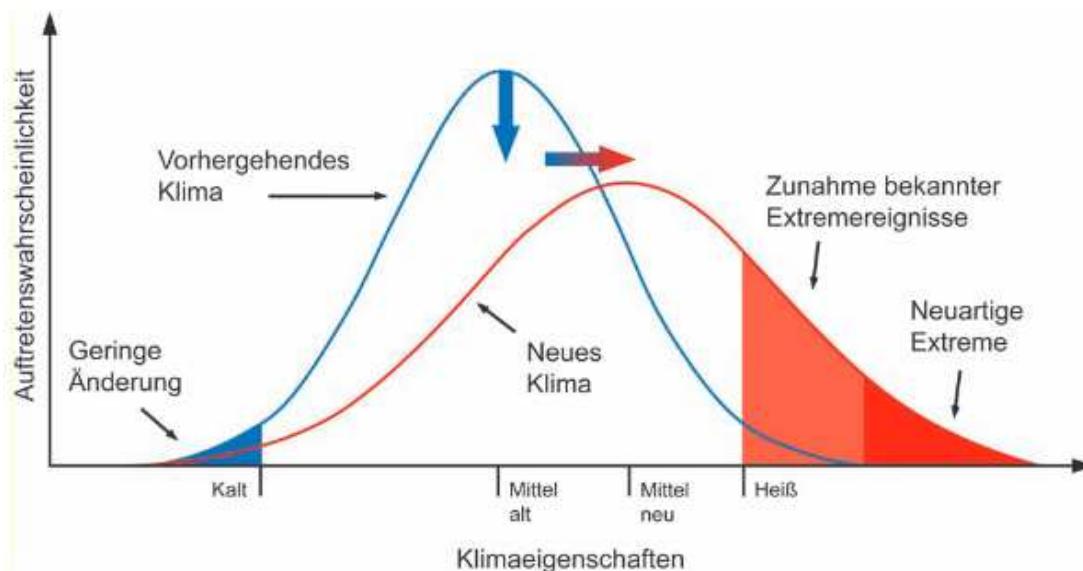


Abb. 7: Schematische Darstellung der Häufigkeitsverteilung klimatischer Kenngrößen des Ist-Zustandes (blaue Linie) und unter Einbeziehung des Klimawandels (rote Linie). Bereits mit geringfügigen Verschiebungen der Durchschnittswerte treten heutige extreme Verhältnisse zukünftig um ein vielfaches häufiger und stärker auf (aus LfU 2007, nach Meehl et al. 2000).

Folglich nehmen die Extreme am unteren Ende – also die Eis- und Frosttage – allgemein stark ab und die Extreme am oberen Ende – dementsprechend die Hitze- und Sommertage signifikant zu. Was dies für die Stadt Donauwörth bedeutet, wird in den folgenden Abschnitten ausgeführt.

1.3.1 Temperatur

Für das Mittel des Zeitraums 2021-2050 liegt die modellierte Temperaturzunahme zwischen 0,8° und 1,9°, wobei die Hälfte aller Projektionen einen Anstieg über 1,2° verzeichnet (Abb. 8) (LfU/Danneberg et al. 2012).

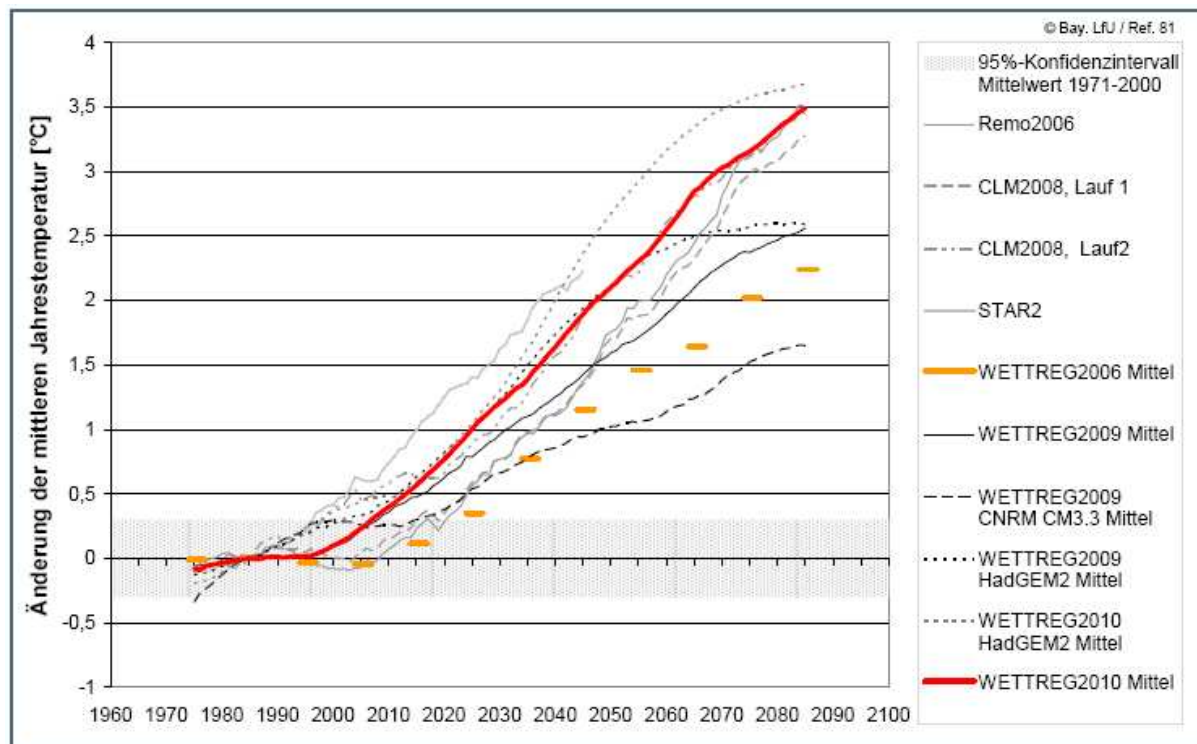


Abb. 8: Änderung des 30-jährigen gleitenden Temperaturmittels in Bayern gegenüber 1971-2000 in [°C] für eine Auswahl an regionalen Klimaprojektionen (Ensemble)
 Der Vertrauensbereich $\pm 0,3^\circ$ berücksichtigt die natürliche Variabilität der Jahreswerte zwischen 1971 und 2000 und zeigt die Signifikanz des Änderungssignals (LfU. 2012).

Für Donauwörth liegt die erwartete Zunahme für das gleitende Jahresmittel zwischen 2021-2050 zwischen $0,9^\circ$ (WETTREG2006) und $1,21^\circ$ (WETTREG2010). Nach Jahreszeiten aufgeschlüsselt ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 2: Erwartete Temperaturzunahme in den verschiedenen Jahreszeiten in der Stadt Donauwörth (bezogen auf die Referenzperiode 1970-2000)

Donauwörth	WETTREG2006	WETTREG2010	Mittel
Jahr	0,9	1,21	1,055
Frühjahr	0,45	0,75	0,6
Sommer	1,05	1	1,025
Herbst	0,75	1,35	1,05
Winter	1,35	1,75	1,55

Deutlich ist die verstärkte Temperaturzunahme in den Wintermonaten von $1,55^\circ$ (gegenüber der etwas moderateren Zunahme in den übrigen Jahreszeiten). Weiter zeigt die Veränderung bei der Häufigkeit bestimmter Kenntage die Erwärmung, deren Auswirkungen besonders für die Ökosysteme von großer Bedeutung sind. Hierbei geht es um Eis- und Frosttage bzw. Sommertage und heiße Tage. Eistage sind Tage; an denen die Maximaltemperatur nicht über 0°C steigt. Frosttage sind Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0°C liegt. Je nach Klimaprojektion liegt die zukünftige Häufigkeit der Eistage in Donauwörth zwischen 11 (WETTREG2006) und 17 Tage (WETTREG2010) unter dem Mittel von 1971-2000. Dies bedeutet im Zeitraum von 2021-2050 pro Jahr nur noch eine durchschnittliche Häufigkeit von ca. 9-14 Eistagen (im bisher wärmsten Jahr 2014

waren es 11 Eistage). Die Zahl der Frostage wird entsprechend um 20 (WETTREG2006) bis 30 (WETTREG2010) auf ca. 67-80 zurückgehen (im Jahr 2014 waren es 70 Frostage in Donauwörth). Sommertage sind Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur über 25°C liegt, heiße Tage sind dementsprechend Tage mit einem Tagesmaximum über 30°C. Die Anzahl der Sommertage steigt in Donauwörth deutlich an. Für die Periode von 2021-2050 nimmt die Häufigkeit dieser Tag um 14 (WETTREG2006) bis 20 (WETTREG2010) auf ca. 58 zu (2014 gab es 34 Sommertage). Tage über 30° wird es zwischen 4 (WETTREG2006) und 8 (WETTREG2010) pro Jahr mehr geben als bisher (1971-2000), wodurch in Donauwörth im Mittel bis zu 13 heiße Tage zu erwarten sind (im bisher wärmsten Jahr 2014 waren es nur 4 Hitzetage).

1.3.2 Niederschlag

Generell zeigt die Niederschlagsentwicklung bis Mitte des 21. Jahrhunderts bei den Klimaprojektionen keinen eindeutigen Trend. Bis Ende des 21. Jahrhunderts wird sich im Sommerhalbjahr vermutlich eine leichte Abnahme der Niederschlagsmengen abzeichnen (LfU 2012), die sich auch auf die Jahresniederschlagssumme auswirken kann (vgl. Abb. 9).

Für das hydrologische Winterhalbjahr ergeben sich bei den Klimaprojektionen zwei unterschiedliche Entwicklungen. Ein Teil zeigt bis 2050 nur wenige Veränderungen; während bei den dynamischen Klimamodellen eine deutliche Zunahme von bis zu 15 % des Niederschlags vorhergesagt wird. Für das Sommerhalbjahr ist die Tendenz aller Modellgruppen einheitlich und dadurch als robust zu werten. Fast alle zeigen einen deutlichen Trend zur generellen Abnahme der Niederschläge, der ab 2050 häufig bei über 10 % liegt (Abb. 9).

Die räumliche Verteilung der Niederschläge lässt ebenfalls keine eindeutige Prognose zu. Die Klimaprojektionen lassen für keine der vier Jahreszeiten einheitliche Änderungsmuster erkennen. Allerdings wird die räumliche Variabilität der Sommerniederschläge vermutlich zunehmen. Konvektionsbedingte Sommergewitter im Süden Bayerns sind räumlich eng begrenzt. Dies führt dazu, dass einzelne Landstriche Niederschlag bekommen und andere nicht. Die Anzahl trockener Wochen (Trockenperioden über 7 Tage) wird im Sommer im Donauried ansteigen, wobei sich das Mittel in der gesamten Region vermutlich bis zur Mitte des Jahrhunderts kaum verändern wird. In den Wintermonaten hingegen werden durch den zunehmend stärkeren Einfluss von zyklonalen Wetterlagen (atlantische Tiefdruckgebiete) gegenüber nordosteuropäischen Hochdruckwetterlagen die Trockenphasen seltener.

Die Intensität der Niederschläge (Starkregen) lässt sich derzeit kaum modellieren, da sich konvektive Zellen durchweg im subskaligen Raum befinden (d.h. dass die räumliche Auflösung der Projektionen zu gering ist, um diese im Modell wiederzugeben). Aufgrund der physikalischen Zusammenhänge lässt sich allerdings ableiten, dass der Energie- und Wassergehalt in der Atmosphäre bei steigenden Temperaturen zunehmen wird und dadurch Extremereignisse wie Starkregen mit größerer Wahrscheinlichkeit auftreten werden.

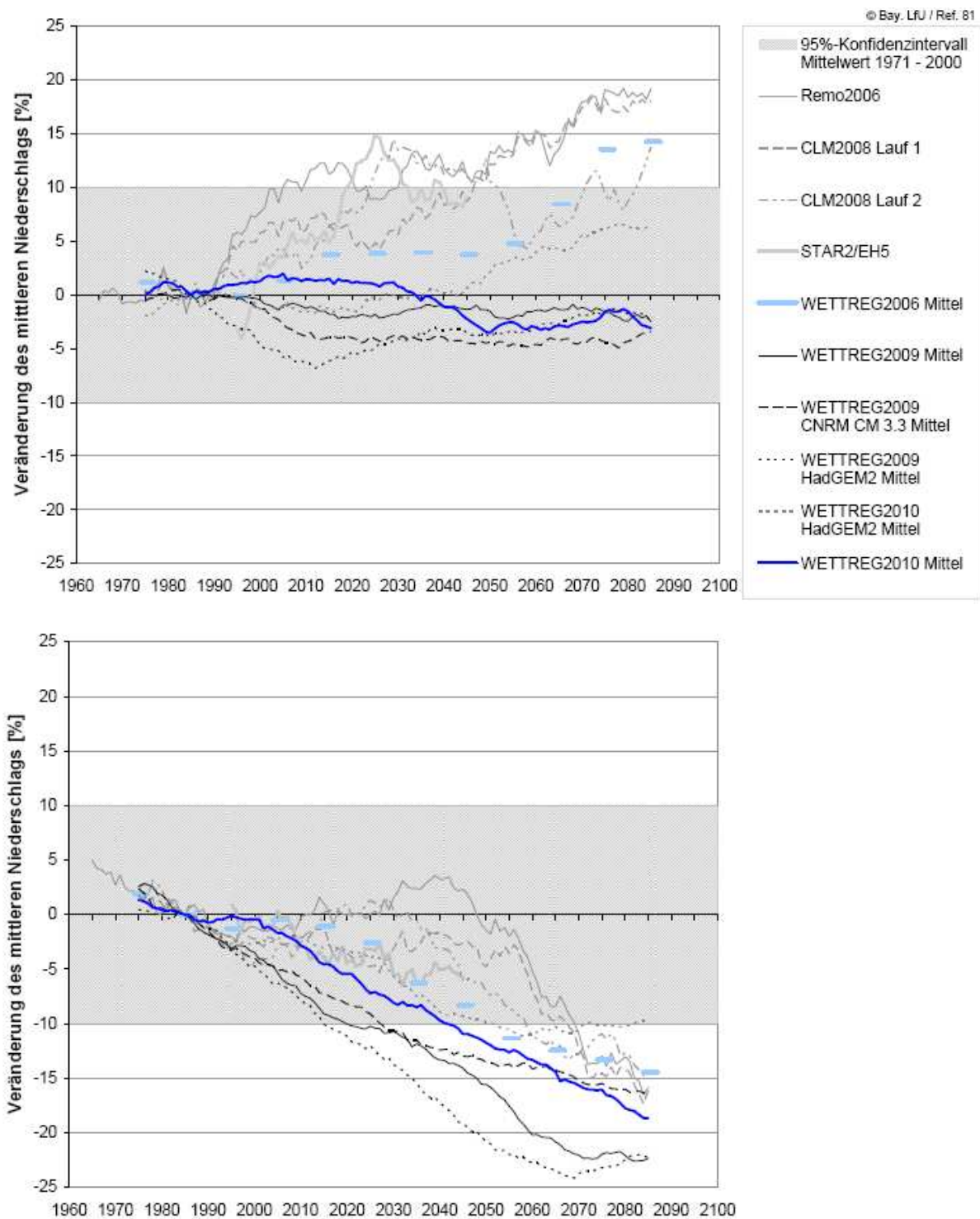


Abb. 9: Änderung des 30-jährigen gleitenden Mittels des Niederschlags in Bayern gegenüber der Periode von 1971-2000 für das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr.

Der Vertrauensbereich dieses Mittels ($\pm 10\%$, graues Band) berücksichtigt die natürliche Variabilität der Jahres- und Halbjahreswerte dieses Zeitraums und dient als Hinweis auf die Signifikanz des Änderungssignals: WETTREG2010 (blau) und WETTREG2006 (hellblau) sind hervorgehoben (aus LfU 2012).

2 Auswirkungen der Veränderung der Klimaparameter

2.1 Wasserhaushalt

Die Klimaänderung beeinflusst zunächst das sehr komplexe System des Wasserkreislaufes aus Niederschlag, Abfluss, Verdunstung und Speicherung in vielfältiger Weise.

In der Summe wird sich der Niederschlag, wie bereits oben geschildert, zunächst nur unwesentlich verändern. Die Verteilung über die Jahreszeiten aber wird deutlich differenzierter. Trockene Sommer und feuchtere Winter werden für Donauwörth charakteristisch. Die räumliche Variabilität der Sommerniederschläge wird ebenfalls zunehmen. Die Wasserverfügbarkeit im Boden nimmt daher zur Vegetationsperiode deutlich ab und Bewässerungsmaßnahmen in den Sommermonaten werden auch in den unmittelbar nördlich an die Donau grenzenden Anbauregionen erforderlich sein. Der im Rahmen von KLIWA ermittelte Trockenheitsindex von 1971-2000 liegt für die nördlichen Hochflächen (Ausläufer der Fränkischen Alb) zwischen 50 und 100 Tagen im Jahr (Abb. 10). Bis 2050 wird dieser um ca. 14 Tage zunehmen. Abseits des Donautals ist mit Ernterückgängen infolge Wassermangels zu rechnen. Auch Wälder werden davon betroffen sein. Die Summe der Grundwasserneubildung (zwischen 50 und 300 mm/Jahr im Bereich von Donauwörth) wird sich bis 2050 nur geringfügig verändern.

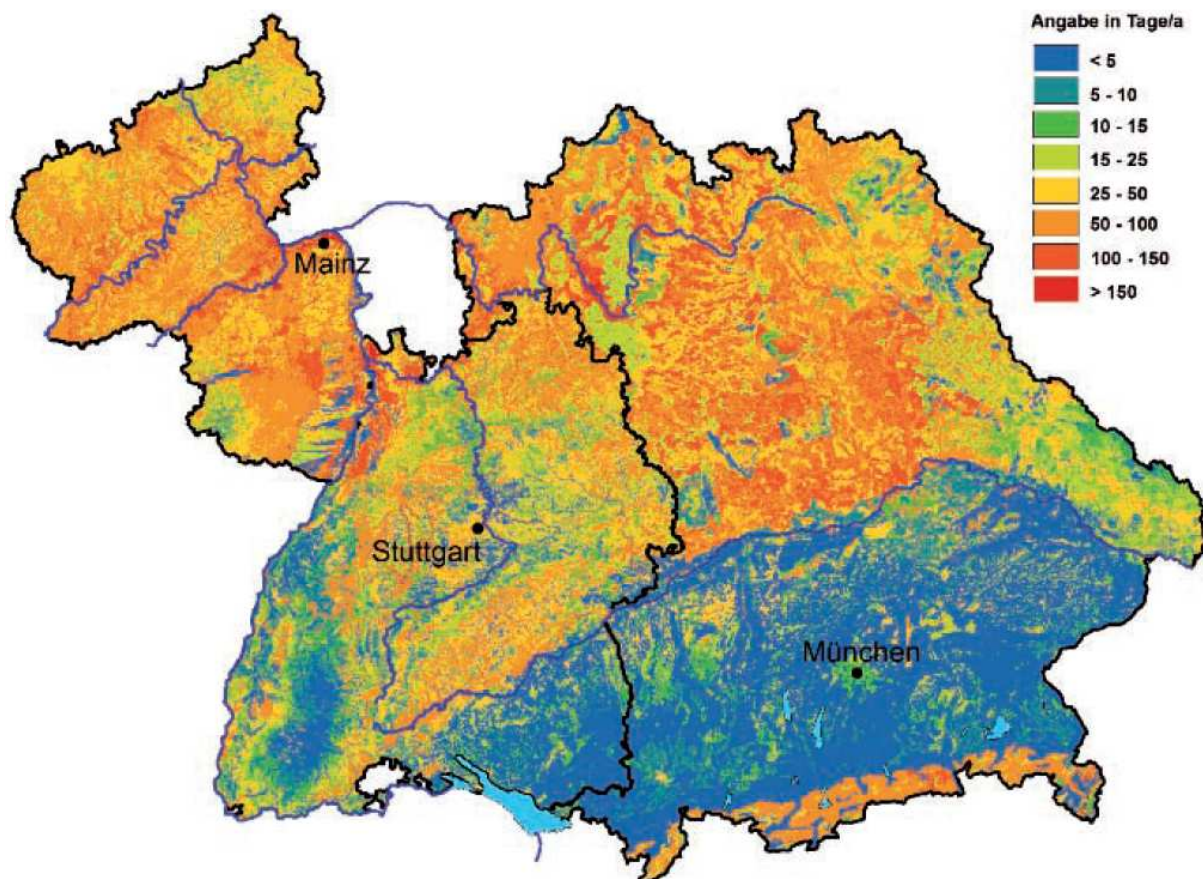


Abb. 10: Mittlerer jährlicher Trockenheitsindex von 1971-2000 (aus KLIWA 2012)

Das Abflussverhalten wird entsprechend der oben genannten Niederschlagsverhältnisse ebenfalls andere Muster aufzeigen und im Winter deutlich zunehmen. Extreme Niederschlagsereignisse führen in Verbindung mit wassergesättigten Böden durch vorangegangene Regenfälle oder Schneeschmelze häufiger zu Hochwasserbildung.

Außergewöhnliche Hochwasserereignisse 1994, 1999, 2002 und zuletzt 2005 zeigen, dass die klimatischen Veränderungen bereits jetzt zu einer Häufung der statistisch ermittelten 100jährigen Hochwasser (HQ100) führen. Klimaänderungsfaktoren sind notwendig, um in Zukunft Hochwasserschutzmaßnahmen wirkungsvoll umzusetzen. Diese liegen momentan bei 1,10-1,20 (entsprechend wird im Hochwasserschutz ein 10-20 %iger Klimawandelzuschlag auf das 100jährige Hochwasser aufaddiert und Maßnahmen entsprechend geplant). Für Donauwörth bedeutet dies, dass statt des ursprünglich angenommenen Wasserabflusses von 1.280 m³/Sekunde nun mit 1.450 m³/Sekunde gerechnet wird (WWA Donauwörth 2014). Dies bedeutet aber, dass in mehreren Bereichen der Stadt der existierende Hochwasserschutz nicht ausreichend ist. Die Abb. 11 zeigt die entsprechenden Pegelstände für Donauwörth und die Defizite im Hochwasserschutz der Stadt deutlich.

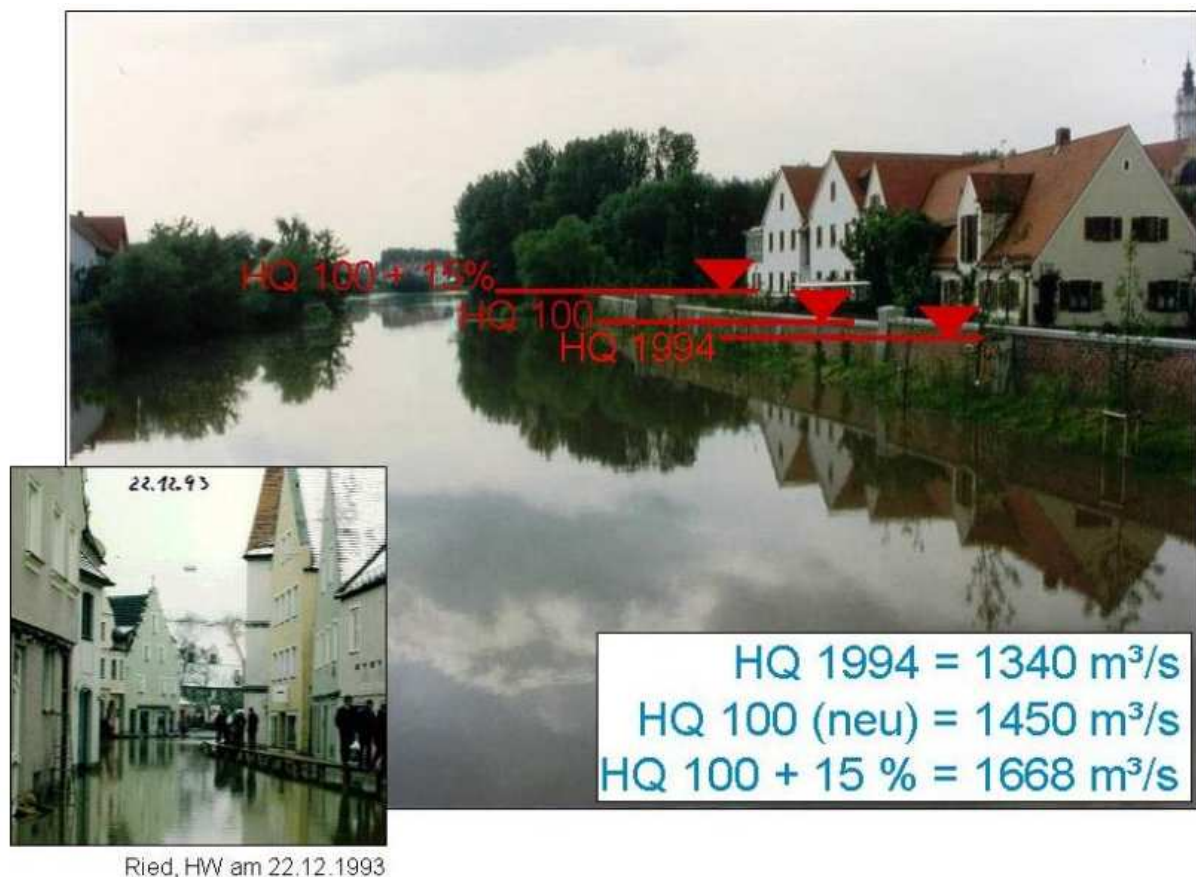


Abb. 11: Die Hochwasserstände zeigen die Defizite im Hochwasserschutz

(Quelle: WWA Donauwörth [http://www.wwa-](http://www.wwa-don.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/donauwoerth/konzept/index.htm)

[don.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/donauwoerth/konzept/index.htm](http://www.wwa-don.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/donauwoerth/konzept/index.htm))

Die Linie des 100jährigen Hochwassers wurde 1994 erreicht. Das neu definierte HQ₁₀₀ liegt auf der Höhe der Schutzmauer. Inklusiv des 15 %igen Klimawandelzuschlags ergibt sich die HQ_{100+15 %}-Linie oberhalb der Schutzmauer, die zu erheblichen Schäden in zahlreichen Stadtteilen führen würde

Rückstaus in kommunalen Entwässerungssystemen, Überschwemmungen von Straßen, Unterführungen, Kellerräumen und Tiefgaragen werden weiter zunehmen. Stoffausträge durch extreme Niederschläge werden die Gewässerqualität zunehmend beeinträchtigen. Darüber hinaus wird die Bodenerosion durch intensivere Niederschläge auch deutlich zunehmen (bereits jetzt sind ca. ein Viertel der Böden gefährdet). Im Rahmen von KLIWA werden auch Modelle zur Bestimmung von Erosionsrisiken berechnet. Simulationen zeigen, dass ab einer Niederschlagsintensität von 37 mm/Stunde der Bodenabtrag exponentiell zunimmt. Bei nur 6 mm/a mehr (also 43 mm/h) verzehnfacht sich der Bodenabtrag (Abb. 12).

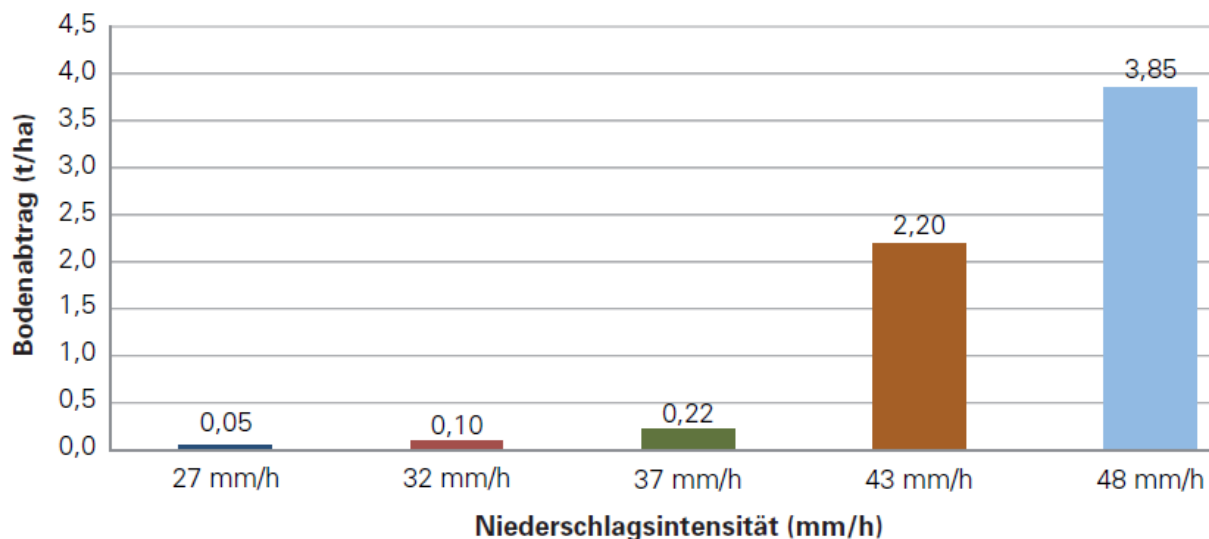


Abb. 12: Zunahme der Bodenerosion durch intensive Niederschläge
(aus KLIWA 2012 – im Rahmen von KLIWA modellierter Starkregen und die Auswirkung auf den Bodenabtrag auf der Basis von Daten des Erosionsmodells LISEM)
Deutlich erkennbar ist, dass ab 37 mm/h der Bodenabtrag signifikant zunimmt.

Der Oberflächenabfluss, der letztendlich in den Flüssen landet und damit unmittelbar zu den Hochwasserereignissen beiträgt, nimmt neben Nutzungsänderungen in der Landwirtschaft auch besonders durch zunehmende Flächenversiegelung zu. In Deutschland werden täglich 74 ha (ca. 115 Fußballfelder) Fläche durch Baumaßnahmen versiegelt (Statistisches Bundesamt 2013). Die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Donauwörth betrug 2011 18,5 % der Gesamtfläche von 7.704 ha (BLfStD 2014). Die derzeitige jährliche Zunahme liegt bei durchschnittlich 8,1 ha im Jahr. Dies bedeutet, dass in Donauwörth pro Jahr etwa 3,8 ha vollständig durch Straßen und Bauwerke versiegelt werden (in der Kategorie Siedlungs- und Verkehrsfläche beträgt der tatsächlich versiegelte Anteil 47 %). Dies entspricht 2,04 m² pro Einwohner pro Jahr in der Stadt Donauwörth.

Während sommerlicher Trockenphasen nehmen entlang der Flüsse die Niedrigwasserphasen deutlich zu und werden neben der Binnenschifffahrt auch die Energiewirtschaft und die Trinkwasserversorgung beeinträchtigen. Flora und Fauna sind hierdurch ebenfalls erheblichen Veränderungen ausgesetzt. Der Abflussrückgang liegt bis 2050 durchschnittlich bei ca. 10 %. Die stärkste Abflussreduzierung wird sich auf die Monate September bis November konzentrieren (Abb. 13). Lokal sind aber auch Rückgänge bis 50 % prognostiziert.

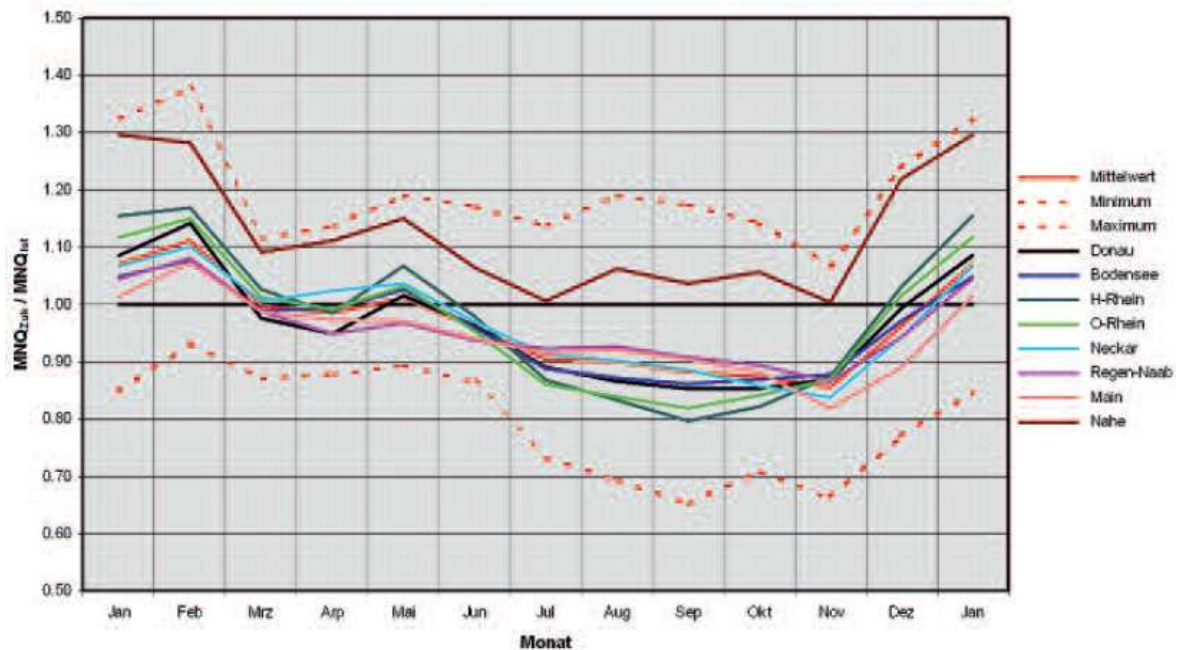


Abb. 13: Jahresgang des Niedrigwasserabflusses (der niedrigste im jeweiligen Monat beobachtete Abfluss) verschiedener Flussgebiete.

Angegeben sind die prozentualen Veränderungen der Monatsmittel von 2031-2050 im Vergleich zum Zeitraum von 1971-2000. Man sieht den um 15-20 % geringeren Abfluss in den Herbstmonaten sehr deutlich (aus KLIWA 2012).

2.2 Artenvielfalt und ökologische Systeme

Die Verbreitungsgebiete von Arten werden durch den Klimawandel entscheidend beeinflusst. Mobile Arten (Tiere) können durch Wanderungsbewegungen deutlich schneller reagieren als Pflanzen. Hierdurch sind Auswirkungen auf die Zusammensetzung und damit die Artenvielfalt (Biodiversität) von Ökosystemen zu erwarten. Welche Faktoren als Steuergrößen für die Biodiversität von Bedeutung sind zeigt die Abb. 14.

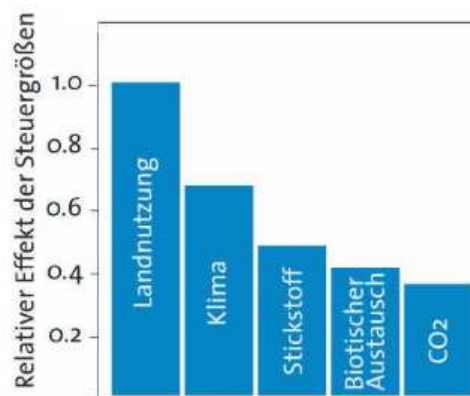


Abb. 14: Der Einfluss verschiedener Steuergrößen auf die aktuellen globalen Biodiversitätsverluste (aus LfU nach Sala et al. 2000).

Man erkennt die herausragende Bedeutung der Landnutzung.

Ein Rückgang der Biodiversität (Artenvielfalt) wird die ökologische Funktionalität und damit die Stabilität von Ökosystemen beeinträchtigen. Ökosysteme stehen in zahlreichen gegenseitigen Abhängigkeiten (Interdependenzen) von biotischen Wechselwirkungen. Die Vielzahl dieser Wechselwirkungen befähigt ein Ökosystem zu einem gewissen Grad zur Selbstregulation und damit auch zur Regeneration und Pufferung der Auswirkungen von klimatischen Veränderungen. Die Überschreitung von (funktionalen) Schwellenwerten durch den Verlust der ökologischen Vielfalt (Biodiversität) (z.B. durch veränderte Dominanzverhältnisse durch invasive Neophyten – also fremde zugewanderte Arten – oder die nicht mehr vorhandene Synchronisierung zwischen Pflanzen und spezialisierten Bestäubern) und damit einzelner Wechselbeziehungen, kann die Funktionalität und damit die Regenerationsfähigkeit gefährden und zum Zusammenbruch des Systems führen. Derartige Auswirkungen können dann auch die menschlichen Interessen massiv gefährden (Schädlinge, Vektoren (Krankheitsüberträger), Landwirtschaft,...). Hier dürfte besonders das Donautal betroffen sein. Feuchte Auenlandschaften kombiniert mit längeren Hitzeperioden stellen idealen Voraussetzungen für die Verbreitung mediterraner und in den Tropen heimischer Schädlinge und Krankheitsüberträger dar. Neue, bisher in den Subtropen heimische, Krankheitsüberträger dürften einen guten Nährboden finden und eine sorgfältige Beobachtung erfordern.

Wie sich die erwarteten Veränderungen im Detail auf die Ökosysteme auswirken und wie Reaktionen im Einzelnen aussehen werden, ist aufgrund der Komplexität der Materie unklar (LfU 2012). Die Zahl der publizierten Forschungsarbeiten zu diesem Themenkomplex ist auffallend gering und bewegte sich im Jahr 2008 unter 400 weltweit (Beierkuhnlein & Foken 2008). Heute liegen wir geschätzt bei knapp über 1000.

2.3 Vegetation

Die offensichtlichsten Veränderung bei der Vegetation sind die Veränderungen der Entwicklungsstadien (Phänologie) wie z.B. die Blüte- oder die Blattempfaltung bei Gehölzen. Im gegenüber dem Mittel von 1960-1991 um 8 Tage verlängerten Frühling im Donauried ergibt sich eine deutlich frühere Haselblüte (bis zu 2 Wochen). Ebenso verhält es sich mit der Holunderblüte im

Frühsommer (vgl. auch Abb. 15). Generell wird die Vegetationszeit entsprechend der erwarteten Temperaturänderung zunehmen. Erhöhte Biomassezuwächse werden von einem beschleunigten Abbau pflanzlicher Stoffe (durch Insekten, Pilze und Mikroorganismen) kompensiert (Beierkuhnlein & Foken 2008). Düngungseffekte durch die erhöhte CO₂-Konzentration in der Atmosphäre werden entgegen früherer Annahmen nicht mehr erwartet, da vermehrter Trockenstress im Sommer die pflanzliche Produktivität mindert (Beierkuhnlein & Foken 2008).

Phänologische Uhr Naturraumgruppe 03 - VORALPINES HÜGEL- UND MOORLAND

 Leitphasen, mittlerer Beginn und Dauer der phänologischen Jahreszeiten

 Zeiträume 1961-1990 und 1991-2012 im Vergleich

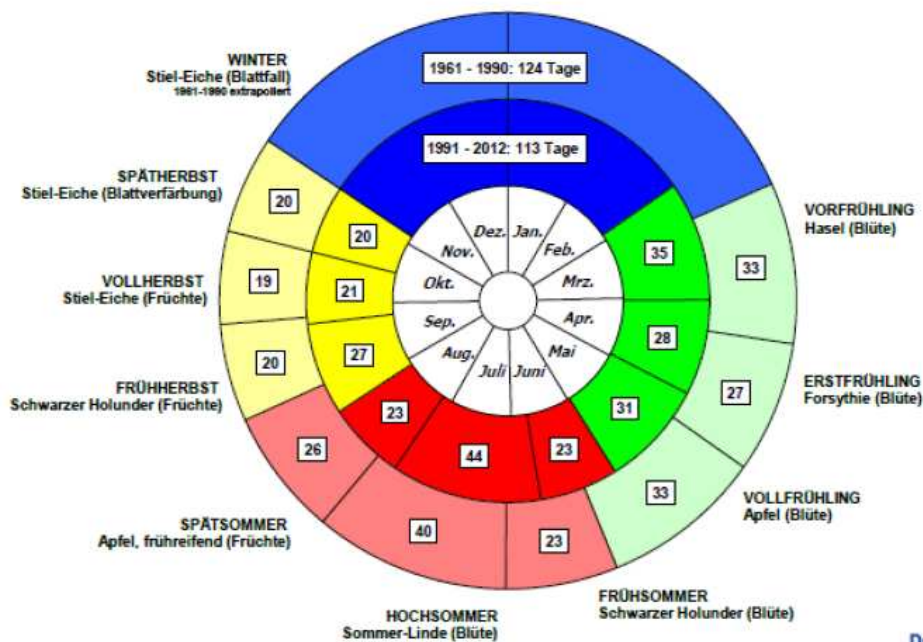


Abb. 15: Die Veränderung der Phänologie als Beispiel veränderter Jahreszeiten im Allgäu (DWD 2012)

2.4 Auswirkungen auf die Forstwirtschaft

Wälder bedecken über ein Viertel der Fläche der Stadt Donauwörth (28 %) und erfüllen vielfältige gesellschaftliche Funktionen. Diese reichen von der Funktion als Rohstoffquelle über Arten-, Boden-, Wasser- und Klimaschutz bis zur Erholung und Jagd. Die Herausforderung wird sein, bei den sich vergleichsweise rasch ändernden Klimabedingungen den Wald so zu bewirtschaften, dass all diese Funktionen in der Fläche erhalten bleiben können.

Die flachwurzelnende Fichte ist in der Region noch immer eine bedeutende Wirtschaftsbaumart. Wie die Vergangenheit bereits gezeigt hat, aber auch hochriskant (Orkan Wiebke 1990 mit 150.000 Festmeter (Fm) Schadholz, Orkan Lothar 1999 mit 10.000 Fm Schadholz und der Gewittersturm 2013 mit 15.000 Fm Schadholz durch Windwurf). Als Baumart der kühlen niederschlagsreichen Klimazonen reagiert sie empfindlich auf Wassermangel in der Vegetationsperiode vom Frühjahr bis

in den Herbst hinein (Bayerische Forstverwaltung 2013). Auf Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit können sommerliche Trockenphasen die Bestände stark schwächen. Geschwächt sind diese einem hohen Risiko für Borkenkäferbefall ausgesetzt, der besonders in Fichtenreinbeständen optimale Vermehrungsbedingungen vorfindet. Des Weiteren sind durch Trockenstress und Schädlinge geschwächte Baumbestände auch sehr viel anfälliger für Sturmwurf (besonders an exponierten Lagen). Auf staunassen Böden wurzelt die Fichte nur sehr flach, was sie ebenfalls für Windwurfschäden vorprogrammiert. In Konsequenz bedeutet dies, dass Fichtenreinbestände dringend in „klimafittere“ Mischwälder umgebaut werden müssen, wie dies im Stadtwald von Donauwörth bereits konsequent praktiziert wird.

In den Wäldern Donauwörths wird die Fichte gegenüber anderen Baumarten in Zukunft zurückgehen. 80 % der Waldböden müssten mit stabilen tiefwurzelnden Baumarten (vor allem Stieleiche, Weißtanne und Esche) bestockt sein. Derzeit liegt deren Anteil bei ca. 50 % (in Bayern deutlich ein überdurchschnittlicher Wert, der die Erfolge des bereits vor gut 10 Jahren begonnenen Waldumbaus aufzeigt). Generell werden die Bestände im Stadtwald neben dem reinen Umbau auch verdichtet, um den durchschnittlichen Holzzuwachs von derzeit ca. 4,5 Festmeter (Fm) im Jahr auf langfristig ca. 6-8 Fm/ha zu steigern – eine Maßnahme, die der CO₂-Bindung dient.

Große Bedeutung kommt der richtigen Pflege und deren Einbettung in stabile gemischte Bestände zu. Beim praktizierten Waldumbau ist der Wildverbiss das größte Problem. Besonders Weißtanne und Eiche sind hier extrem gefährdet. Durch die zunehmend milden Winter ist die natürliche Auslese bei den Wildbeständen nicht mehr gegeben, so dass die Populationen zunehmen und das Ökosystem belasten. Die Kosten für Schutzmaßnahmen sind mit bis zu 12.000 Euro pro ha sehr hoch. Für Donauwörth ist die schnelle Erreichung walddverträglicher Wildbestände von höchster Bedeutung. Von vielen unbemerkt, drohen dem klimaverträglichen Waldumbau wegen übertriebener Pflege der Wildbestände deutlich höhere Kosten und regelmäßige Rückschläge, die völlig unnötig sind. Hier liegt vermittelnder Klärungsbedarf auch in der Verantwortung der Stadt.

2.5 Auswirkungen auf die Landwirtschaft

In der Stadt Donauwörth sind 47 % der Fläche als landwirtschaftliche Nutzfläche klassifiziert. Davon über 80 % Ackerland, auf dem hauptsächlich Weizen angebaut wird. Eine wesentliche Veränderung wird die durch die zunehmende Sommertrockenheit erforderliche Bewässerung darstellen. In welchem Umfang die Bewässerung für eine wirtschaftliche Getreideproduktion nötig bzw. möglich ist, kann nur abgeschätzt werden. Voraussichtlich muss bis 2100 sukzessive auf 15-30 % der Fläche bewässert werden. Durch eine Anpassung der verwendeten Arten kann der Bewässerungsumfang möglicherweise noch reduziert werden. Entsprechend ist die Wasserverfügbarkeit zu prüfen. Grundwasservorkommen sollten aber die nötigen Wasserressourcen im Donautal bereitstellen können, ohne schwerwiegende Nutzungskonkurrenzen zu generieren.

2.6 Fazit für die Stadt Donauwörth

In Anbetracht der aufgezeigten Veränderungen, sowohl der Klimaparameter als auch der Auswirkungen, kann man davon ausgehen, dass die Stadt Donauwörth besonders durch zunehmende sommerliche Wärme sowie durch hydrologische Effekte, insbesondere durch Hochwasser, direkt von negativen Einflüssen betroffen ist. Die geographische Lage sowie die Struktur der Stadt sind verantwortlich, dass die Schadwirkungen im Stadtgebiet recht differenziert ausfallen werden. Entsprechend ist eine kleinräumigere Analyse des Stadtgebietes notwendig, um detailliert Risikopotenziale zu ermitteln (z.B. hinsichtlich Hangstabilität und Massenbewegungen). Im Folgenden werden mögliche Maßnahmen aufgezeigt, mit deren Umsetzung sich die Stadt (und ihre Bürger) auf die klimatischen Veränderungen in den nächsten Jahrzehnten einstellen kann.

3 Maßnahmen

3.1 Hochwasserschutz

Die wohl entscheidendsten negativen Einflüsse werden die extremeren Witterungserscheinungen sein. Im Wesentlichen sind hier Starkregenereignisse und intensive Dauerregen mit ihren entsprechenden Folgen zu nennen. Der bereits erfolgte Ausbau auf ein Bemessungshochwasser von 1380 m³/s war in der Lage, das Hochwasser vom 13./14. April 1994 (mit 1340 m³/s) wirksam aufzuhalten. Dies und die weiteren Hochwasser von 1999, 2002 und 2005 zeigen, dass sich die Häufigkeit der Ereignisse vermutlich klimawandelbedingt erhöht. Auf der Basis der aktuellen Planungsgrundlage des LfU „Hochwasserlängsschnitt Bayerische Donau, Gebietskennzahl 1“ zeigt sich für den Pegel Donauwörth, dass das für Hochwasserschutzplanungen der Stadt Donauwörth angesetzte Bemessungshochwasser für ein statistisch 100jähriges Hochwasser (HQ100) nun bei 1450 m³/s liegt.

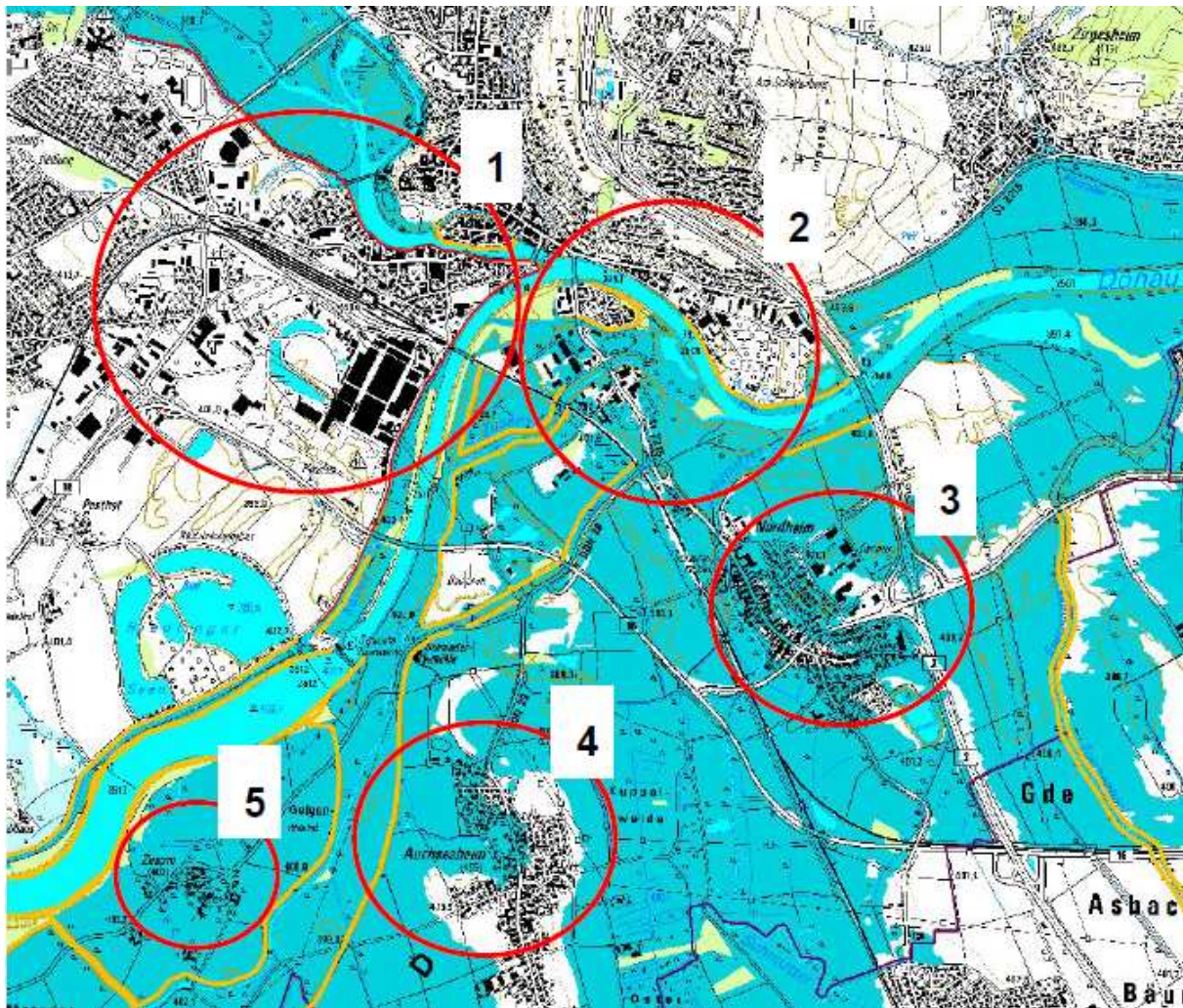


Abb. 16: Markierungen der Defizite im Hochwasserschutz der Stadt Donauwörth (Quelle: <http://www.wwa-don.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/donauwoerth/konzept/index.htm>)
 Blau zu sehen ist das Überschwemmungsgebiet bei einem 100 jährigen Hochwasser.

Simulationen des Wasserwirtschaftsamtes Donauwörth (WWA Donauwörth 2012) für das Überschwemmungsgebiet für das HQ100 der Donau zeigen die Defizite beim Hochwasserschutz mit insgesamt 5 Schwerpunkten. Diese sind:

1. Innenstadt
2. Weichselwörth, Gewerbe- u. Wohngebiete südlich der Donau
3. Nordheim
4. Auhesheim
5. Zuzum

Die Schadenspotenziale wurden für die betroffenen Siedlungsbereiche für die Folgen eines Deichbruchs an der Wörnitz (der dort anzunehmen ist) bei einem HQ100-Ereignis vom WWA Donauwörth ermittelt und belaufen sich auf:

- Innenstadt: 50-60 Mio. Euro
- Fa. Airbus Helicopters: > 200 Mio. Euro

- Weichselwörth und Gewerbe- /Wohngebiet südlich der Donau: 5 Mio. Euro
- Auchsesheim: 5 Mio. Euro
- Zusum: 1 Mio. Euro

(Quelle: WWA Donauwörth 2012)

Im Rahmen der optimierten Voruntersuchungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes wurde ein Konzept entwickelt. Es sieht drei Komponenten vor:

- Eine Aufweitung der Donau, die Optimierung von Flutmulden und der Erhalt von Retentionsräumen (vgl. Abb. 17)
- Anpassung der vorhandenen Schutzeinrichtungen (Mauern, Deiche) entlang der Donau und ihrer Zuflüsse
- Der Neubau von notwendigen Schutzeinrichtungen

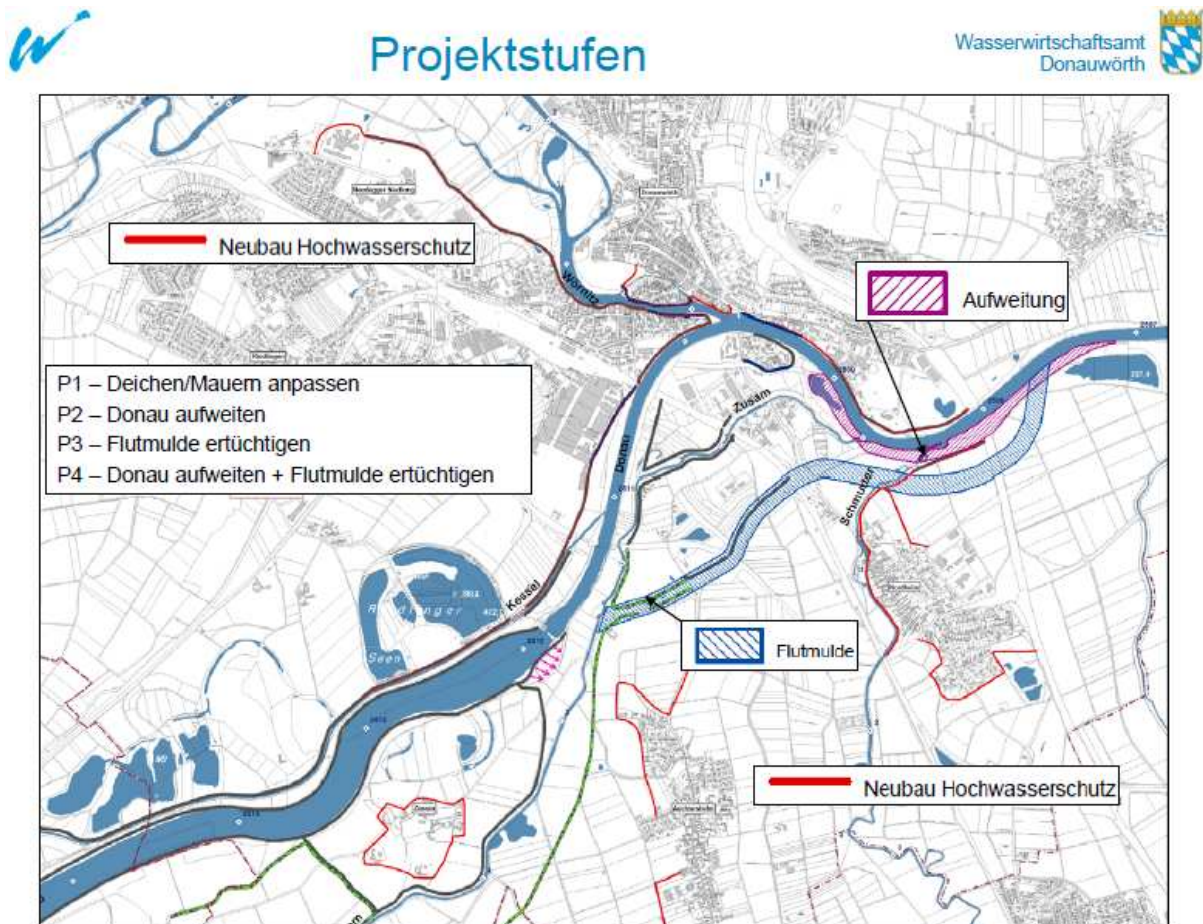


Abb. 17: Hochwasserkonzept für Donauwörth (WWA Donauwörth)

Detailliertere Informationen zu den geplanten Vorhaben sind dem entsprechenden Bericht des WWA Donauwörth zu entnehmen (WWA Donauwörth 2012).

Zur Umsetzung der Maßnahmen werden nach Angaben des WWA Donauwörth Kosten von ca. 20 Mio. Euro anfallen. Bei einer ca. 50 %igen Landesförderung hätte die Stadt Donauwörth ca. 10. Mio. Euro an Kosten zu tragen. Damit werden im Falle eines HQ100 Schäden von deutlich über

200 Mio. Euro vermieden. Dieses sehr günstige Verhältnis sollte in jedem Falle zur Durchführung der Maßnahmen motivieren.

Die Bürger und relevante Akteure wurden von Anfang an in die Planungen mit einbezogen. Es wurden drei Projektgruppen gegründet, welche aktuell den Planungsprozess begleiten (1. Innenstadt/Weichselwörth/Gewerbegebiet, 2. Nordheim, 3. Auchsesheim und Zusum). Die Stadtverwaltung ist in allen Gruppen mit vertreten.

Neben der Umsetzung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz muss die Stadt Donauwörth grundsätzlich mehr Augenmerk auf ihre Vorbildfunktion hinsichtlich von baulichen Aktivitäten im Überschwemmungsgebiet legen. Angesichts der gegenwärtigen Entwicklungen dürfen keinerlei Neubauvorhaben in das Überschwemmungsgebiet hineinreichen.

Zusammenfassend gilt es

1. eine Vorbildrolle einzunehmen und Neubauvorhaben nicht in den Überflutungsbereich hinein zu genehmigen und voranzutreiben,
2. deutlich mehr Öffentlichkeitsarbeit zum Thema zu machen, um für Bürgerakzeptanz und Verständnis zu werben,
3. die drei Bürger-Arbeitsgruppen zur Umsetzung der Hochwasserschutzprojekte weiter konstruktiv in den Planungs- und Umsetzungsprozess mit einzubinden und
4. die Umsetzung der vorgeschlagenen Hochwasserschutzmaßnahmen anzugehen und Rückstellungen der dafür notwendigen finanziellen Mittel vorzunehmen.

3.2 Wasserversorgung und -entsorgung

Die geschilderten klimatischen Veränderungen erfordern auch in Donauwörth Anpassungsmaßnahmen, besonders hinsichtlich der Entwässerung im Falle von Starkregenereignissen.

- Starkregen in Verbindung mit bereits gesättigten Böden können auch an weniger prominenten Hängen zu Massenbewegungen führen. Hangrutsche sind im geologisch sehr heterogenen Gebiet nördlich der Donau prinzipiell denkbar. Allerdings lassen sich aufgrund der komplizierten Bruchtektonik und der dadurch bedingten sehr heterogenen Materialien im Rahmen dieser Studie hier keine Risikogebiete eingrenzen. Das geologische Landesamt hat bisher nur in stark reliefiertem Gelände wie dem Alpenvorland gezielt Risikoanalysen durchgeführt. Für Donauwörth sind keine Karten verfügbar.
- Des Weiteren ist zu erwarten, dass ein hoher intensiver Oberflächenabfluss bei Starkregen die Entwässerungskapazität der Abflusssysteme überfordert und kleinräumig zu Hochwasser bzw. Überflutungen führt. Hier ist zu prüfen, inwieweit weitere Regenrückhaltebecken realisiert werden können bzw. wo Abflüsse ggf. umgelenkt werden

können. Dies gilt insbesondere für die Erschließung von Neubaugebieten, wo derartige Anforderungen gleich bei der Planung integriert werden können.

- Primär allerdings können zahlreiche kleine Maßnahmen dazu beitragen, die Abflussmenge generell zu reduzieren. Zisternen, Entsiegelung, Dachbegrünungen und weitere den Abfluss verhindernde Maßnahmen sollen von den Bürgern schnell und unkompliziert umgesetzt werden. Die Stadt sollte dies ggf. durch entsprechende Motivationskampagnen und Anreize fördern.

Kurzfristig gilt es

1. die Neubauaktivitäten im Überflutungsbereich zu beenden,
2. bei der Planung und Erschließung von Neubaugebieten den Oberflächenabfluss zu minimieren,
3. das Trennsystem weiter konsequent auszubauen und
4. die Flächenversiegelung generell zu reduzieren und infiltrationsfördernde Maßnahmen umzusetzen, wie: Dachbegrünungen, Rasensteine statt Asphalt verwenden bzw. vorschreiben und Retentionsräume neu schaffen und gestalten.

Mittelfristig ist es sinnvoll, Untersuchungen über das Verhalten des Entwässerungssystems in Donauwörth durchzuführen. Mit der „Langzeitsimulation“ (methodischer Ansatz aus der Planungspraxis) und synthetischen Regenreihen des Programms NiedSim (bei KLIWA-Partnern erhältlich) können verschiedene Niederschlagsereignisse simuliert werden. Bisher wurde dies nur in wenigen Städten durchgeführt. Regelmäßige Optimierungen machen das Werkzeug aber mittelfristig auch für kleinere Städte wie Donauwörth interessant.

3.3 Waldumbau

Die geschilderten klimatischen Veränderungen erfordern auch in Donauwörth weitreichende Maßnahmen im Bereich der Forstwirtschaft. Seit gut 10 Jahren wird im Stadtwald der Bestand konsequent umgebaut. Klar ist auch, dass der Umbau weitergeführt werden muss. Bis 2035 soll im Donauwörther Stadtwald der Anteil der klimatoleranten Stieleiche auf 45 % erhöht werden. Im Gegenzug soll die anfällige Fichte auf mindestens 20 % reduziert werden. Weitere klimatolerante Arten, die eingesetzt werden, sind Weißtanne und Esche. Der Zuwachs im Stadtwald Donauwörth kann durch zunehmende Bestockung von klimatoleranten Arten von derzeit ca. 4,5 Fm/ha auf ca. 6-8 FM/ha gesteigert werden. Da zahlreiche Windwurfflächen komplett gerodet und wieder aufgeforstet worden sind, dauert es vielerorts aber noch gut 20 Jahre, bis dieses Ziel erreicht ist.

Um den Waldumbau nicht unnötig zu gefährden und damit die bereits laufenden Anstrengungen zu torpedieren, muss dringend ein Konsens bezüglich der Wilddichte gefunden werden. Nur wenn sich der Wildverbiss deutlich reduzieren lässt, können die diesbezüglich sehr empfindlichen Arten wie Eiche und Weißtanne in der Region Fuß fassen. Der größte Handlungsbedarf besteht daher darin,

die Wildbestände auf ein waldfreundliches Maß zu reduzieren. Das ökologische Gleichgewicht eines Waldökosystems (welches seit vielen Jahren durch zu geringe Abschusszahlen nicht mehr gegeben ist) sollte hergestellt werden.

Kurzfristig gilt es

1. die Wildbestände in den Wäldern Donauwörths auf ein verträgliches Maß zu reduzieren,
2. die Fichtenbestände zugunsten von Stieleiche und Weißtanne weiter zu reduzieren,
3. die Zuwachsraten im Rahmen des Waldumbaus von derzeit ca. 4,5 Fm/ha auf 6-8 Fm/ha zu erhöhen und
4. langfristig ca. 80 % der Waldfläche mit klimaangepassten tiefwurzelnden Arten zu bestocken.

3.4 Landwirtschaft

Das für das Stadtgebiet von Donauwörth wohl dringendste Problem für die Landwirtschaft ist bis 2050 weniger die zunehmende Sommertrockenheit auf einem Teil der Flächen (vgl. Trockenheitsindex), sondern die weiter zunehmende Bodenerosion.

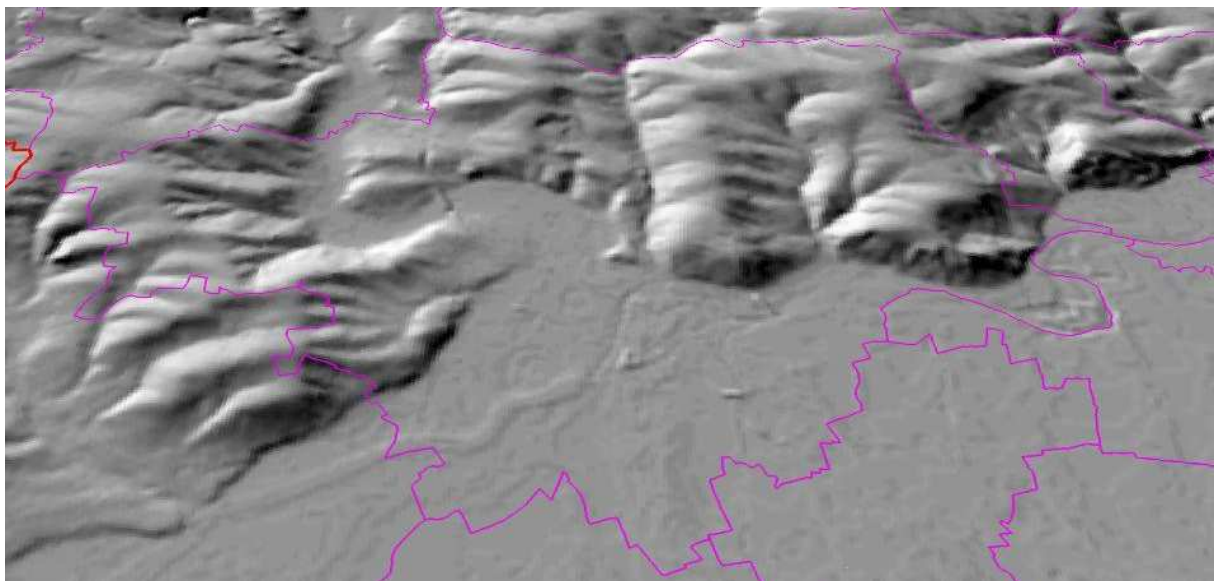


Abb. 18: Geländemodell des Stadtgebietes von Donauwörth (LfVG 2010)

Die Abbildung zeigt die Reliefsituation in Donauwörth. Bereits bei geringen Hangneigungen ist bei intensiven Regenfällen (Starkregen) je nach Bodenbedeckung die Gefahr signifikanter Bodenerosion gegeben (vgl. Abb. 12). Am höchsten ist diese auf den Ackerflächen (3.312 ha). Auf gut 20 % (600 ha) dieser Flächen wird Mais angebaut und auf gut 15 % (455 ha) Hackfrüchte (wie Zuckerrüben oder Futterrüben). Beide genannte Kulturen wachsen zunächst langsam. In der Folge ist der Boden für mehrere Monate im Jahr nahezu ohne Bewuchs (Unkräuter werden entfernt) und daher schutzlos der Erosion ausgesetzt. Da die Bodenfunktionen (Filter und Pufferfunktionen) durch zunehmende

Erosion beeinträchtigt sind, muss die Erosion durch entsprechende Anbautechniken (Streifenanbau, höhenlinienparalleles Pflügen) oder ein Wechsel der Anbaufrüchte eingedämmt werden.

Weiter verändern sich die Wildbestände und führen zu massiven Schäden für die Landwirtschaft (z.B. Wildschweine). An dieser Stelle bestehen Anforderungen an eine, bei Bedarf schnell umzusetzende verstärkte Jagdausübung.

Des Weiteren sollten die Flächen, auf denen ökologischer Landbau betrieben wird, ausgeweitet werden, da dieser als Bewirtschaftungssystem zur Reduzierung klimarelevanter Emissionen beiträgt (Erhalt des humosen Oberbodens; Erosions- und Grundwasserschutz, biologische Stickstoffbindung, Reduktion der flächenbezogenen CO₂-Emissionen).

Zusammenfassend gilt es also

1. Mais und Hackfrüchte an erosionsgefährdeten Standorten zugunsten anderer Anbaufrüchte zu reduzieren,
2. den ökologischen Landbau auszuweiten,
3. Wildbestände durch Jagdausübung anzupassen und
4. Bewirtschaftungssysteme, Sorten und Artenwahl an veränderte Umweltbedingungen anzupassen.

3.5 Naturschutz

Grundsätzlich sind die Rahmenbedingungen zu schaffen, dass Pflanzen und Tiere bessere Wandermöglichkeiten haben (Erhöhung des Mobilitätsbedarfs durch Klimaveränderung). Biotopverbundsysteme sind mit Unterstützung der Landwirtschaft zu planen und umzusetzen, wie zum Beispiel Vermeidung von Biotopinseln oder Schaffung von Grünkorridoren.

Weiter sind Maßnahmen zum Gewässerschutz unerlässlich. Die Ökosysteme stehender und langsam fließender Gewässer sind von einer Erwärmung besonders betroffen. Die Zuführung von häufig landwirtschaftsbedingten Schadstoffen (Nitrat, Phosphat etc.) ist zu reduzieren, um die Gewässerqualität zu erhalten.

3.6 Katastrophenschutz

Die durch die klimatischen Veränderungen wahrscheinlichste Katastrophensituation für Donauwörth ist ein Hochwasser an den Zuflüssen der Donau sowie der Donau selbst. In einem solchen Falle werden große Bereiche der Stadt unpassierbar und sind dann faktisch eingeschlossen. Dies gilt beispielsweise für den Stadtteil Riedlingen mit Klinikum und Seniorenheimen. Es ist daher erforderlich, den Katastrophenfall (extremes Hochwasser) zu simulieren und beispielsweise für die Evakuierung der Klinik ein praktikables Notfallkonzept zu erstellen. Sollte eine Evakuierung nur über die Luft möglich sein, dann erfordert diese einen deutlich höheren Planungsaufwand.

3.7 Gesundheit

- Durch Umstellungen in den Ökosystemen können neue oder andere als die bisher bekannten Schädlinge auftauchen. Hier muss die Stadtverwaltung sowie der Landkreis die Entwicklungen genau verfolgen und die Bürger, wenn nötig, schnell und umfassend informieren. Ein Beispiel ist das seit einigen Jahren vermehrte Auftreten vom Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*). Die Haare der Raupe verursachen allergische Entzündungen an Augen, Haut und Schleimhäuten). Auch gebietsfremde Pflanzenarten werden in Bezug auf die menschliche Gesundheit Probleme machen, so z.B. *Ambrosia artemisiifolia* welche durch Einatmen oder Hautkontakt starke Allergien auslösen kann. Weiteres gesundheitsgefährdendes Potenzial geht von der Klimabedingten Verbreitung bestimmter Infektionskrankheiten aus. Krankheitserreger wie Viren oder Parasiten können durch sogenannte Vektoren (Krankheitsüberträger) auf den Menschen übertragen werden. Vektoren sind sowohl einheimische Überträger wie die Schildzecke (*Ixodes ricinus*) als auch neue eingeschleppte Arten (Neobiota), deren Ausbreitung durch wärmere Witterung beeinflusst wird. So nimmt in ganz Süddeutschland die durch Zecken übertragene Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und die Lyme-Borreliose zu. Auch exotische Infektionskrankheiten nehmen in diesem Zusammenhang durch eingeschleppte Stechmücken zu (Dengue-Fieber, Leishmaniose und Malaria). So konnten in Bayern und Baden Württemberg die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) nachgewiesen werden (Überträger von Dengue-Fieber und Gelb-Fieber). Die Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus*) ist bereit im oberen Rheingebiet etabliert und Überträger vom West-Nil-Fieber.
- Die luftgetragenen Allergene wie Pollen sind durch die längere Vegetationsperiode in Zukunft über deutlich längere Zeiträume vorhanden. Die Stadt sollte diesen Aspekt im Zusammenhang mit städtebaulichen Verträgen für Neubaugebiete (Passivhaus bzw. Plusenergiehaus mit gefilterter Wohnraumbelüftung) transportieren. Wohnen im Passivhaus ist unter gesundheitlichen Aspekten (bezogen auf den Klimawandel) die beste Lösung.
- Für Hochwasserereignisse muss mit einer massenhaften Vermehrung von Krankheitsüberträgern, gekoppelt mit Schimmelpilzbefall von Häusern, gerechnet werden. Entsprechende Vorkehrungen sind im Rahmen von Katastrophenschutzübungen zu definieren.

Quellen

- Bayerische Forstverwaltung 2013. Fichte und mehr: Die Mischung macht's. Bergwaldkurier 11.
- Bayerisches Landesamt für Statistik. GENISIS-online Datenbank -
<https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis>
- Beierkuhnlein C. & Foken T. 2008. Klimawandel in Bayern – Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. Bayreuther Forum Ökologie 113. Bayreuth.
- CLM2008: Hollweg H.D. et al. 2008: Ensemble Simulations over Europe with the Regional CLimate Model CLM forced with IPCC AR4 Global Scenarios; Gruppe Modelle & Daten, Hamburg.
- Danneberg J., Ebert C., Komischke H., Korck J., Morscheid H., Weber, J. 2012. Auswertung regionaler Klimaprojektionen – Klimabericht Bayern. (Hrsg.) LfU. Augsburg.
- Deutscher Wetterdienst DWD: Klimawandel - <http://www.dwd.de/klimawandel>
- Gerst, F., Bubenzer, O. & Mächtle, B. 2011. Klimarelevante Einflüsse urbaner Bodeninanspruchnahme. Deutsche Langfassung, Urban Soil Management Strategy, EU-CEP, Heidelberg.
- IPCC 2007 Klimaänderung 2007. – Wissenschaftliche Grundlagen. Zusammenfassung für Politische Entscheidungsträger, Berlin.
- IPCC 2013 Climate change 2013. – The physical science basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge
- KLIWA 2012. Klimawandel im Süden Deutschlands – Ausmaß – Auswirkungen – Anpassung. Hrsg. LUBW, LfU, LfUWG Rheinland-Pfalz, DWD, Stuttgart
- Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern 2010. Top 10 Maps
- LfU 2007 Klimaanpassung – Bayern 2020. Der Klimawandel und seine Auswirkungen – Kenntnisstand und Forschungsbedarf als Grundlage für Anpassungsmaßnahmen. Kurzfassung einer Studie der Universität Bayreuth. Hof.
- LfU 2012 Der Klimawandel in Bayern – Auswertungen regionaler Klimaprojektionen – Klimabericht Bayern, Augsburg.
- Meehl et al. 2000. An introduction to trends in extreme weather and climate events: Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. Bulletin of the American Meteorological Society, 81(3): 413-416.
- Peters et al. 2012. The challenge to keep global warming below 2 °C, Nature Climate Change, advance online publication, doi:10.1038/nclimate1783
- REMO2006: Jacob D. et al. 2008 Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland, UBA

Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. , Wall, D.H., 2000. Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science, 287(5459): 1770-1774.

WETTREG2010: Spekat A., Enke W., Kreienkamp F. 2010 Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Modell WETTREG2010. Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH i.A. des UBA.

WETTREG2006: Spekat A., Enke W., Kreienkamp F. 2007 Neuentwicklung von regional hochauflösenden Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen, Endbericht, UBA.

WWA Donauwörth 2014: Webseite <http://www.wwa-don.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/donauwoerth/konzept/index.htm>

Georisiken Karten:

http://www.lfu.bayern.de/geologie/massenbewegungen/gefahrenhinweiskarten/bayerische_alpen/index.htm

DWD 2015

http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2014%2F20141230_Deutschland_wetter_Jahr_2014_news.html&_pageLabel=dwdwww_menu2_presse&switchLang=de