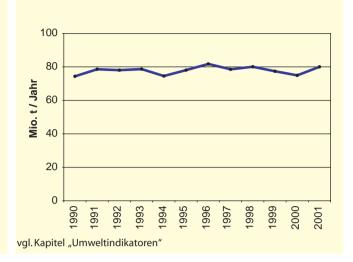
KLIMAFOLGEN

- 1. Allgemeines
- 2. Klima und Wasserwirtschaft
- 3. Klima und Lufttemperatur
- 4. Tier- und Pflanzenarten
- 5. Anhang

Kohlendioxidemissionen tragen zur Hälfte zum Treibhauseffekt bei. Die Kohlendioxid-Emissionen des Landes sollen bis 2005 auf 70 Mio. t/a gesenkt werden.



1. Allgemeines

Die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) befasst sich seit Jahren mit Aspekten der Klimaveränderung und hat daher den umweltpolitischen Schwerpunkt Klimafolgen für Baden-Württemberg unter Bildung einer abteilungsübergreifenden Arbeitsgruppe eingerichtet. In einem ersten Schritt wurde das in den Fachabteilungen vorhandene Wissen zum Thema "Klimafolgen" aufbereitet.

Die bisherigen Aussagen über Klimaveränderungen wie z.B des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) beziehen sich im Wesentlichen auf globale bzw. großskalige Räume (z.B. Nordeuropa). Verlässliche Aussagen über Auswirkungen im regionalen Bereich, d.h. in den einzelnen unterschiedlich strukturierten Gebieten oder Mittelgebirgslandschaften, liegen nicht vor.

2. Klima und Wasserwirtschaft

1999 vereinbarten die Länder Baden-Württemberg und Bayern unter Einbeziehung des Deutschen Wetterdienstes eine längerfristige gebietsund fachübergreifende Zusammenarbeit auf dem Gebiet "Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft" (KLIWA). Wesentliche Ziele des Kooperationsvorhabens KLIWA sind die Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Anforde-

rungen an den Hochwasser- und Gewässerschutz, die Wasserversorgung und die Gewässer zu ermitteln sowie Konsequenzen und Handlungsstrategien aufzuzeigen.

43

43

45

45

48

Im Rahmen von KLIWA wurde bisher das Langzeitverhalten wichtiger hydrologischer und hydrometeorologischer Größen, insbesondere Abfluss und Niederschlag, analysiert. Die dazu bis Ende 2002 gewonnenen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die jährlichen Höchstabflüsse zeigen bei einer langfristigen Betrachtung Zeitreihen länger als rund 70 Jahre bis auf wenige Ausnahmen keine signifikanten flächendeckenden Trends (Abb. 1).
- Hohe jährliche Gebietsniederschläge, bezogen auf Einzugsgebiete mit durchschnittlich 2 000 km², kamen in Baden-Württemberg seit den 70er Jahren häufiger vor.
- Die Starkniederschläge weisen im Winterhalbjahr signifikante Zunahmen auf, vor allem am Ostrand des Schwarzwaldes und im Norden des Landes.
- In den vergangenen rund 30 Jahren sind bei den hydrologischen wie auch bei den hydrometeorologischen Größen überwiegend steigende Trends festzustellen, insbesondere im Winterhalbjahr. Die

Trends im Sommerhalbjahr bieten dagegen ein eher uneinheitliches Bild.

- Die Dauer der extremen Nassperioden Aufeinanderfolge von mindestens 8 Regentagen nimmt in den Wintermonaten insgesamt um 2 bis 6 Tage zu. Dabei treten in Teilen des Schwarzwalds und an seinem Ostrand Zunahmen um mehr als 10 Tage auf (Beobachtungszeitraum 1931-1998). Es war eine Häufung von Nassperioden in den Winterhalbjahren 1976 bis 1995 zu verzeichnen, mit anschließend abnehmender Tendenz.
- Die Analysen zeigen, dass sich 1931 bis 1998 die Länge extremer

Kooperationsvorhaben KLIWA

Kooperationspartner

Baden-Württemberg:

- Ministerium für Umwelt und Verkehr (UVM)
- Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Bayern:
- Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
- Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW) Deutschland:
- Deutscher Wetterdienst (DWD)

Projektbeginn: 1999 Laufzeit: unbefristet

Internet-Adresse: www.kliwa.de

© LfU 43

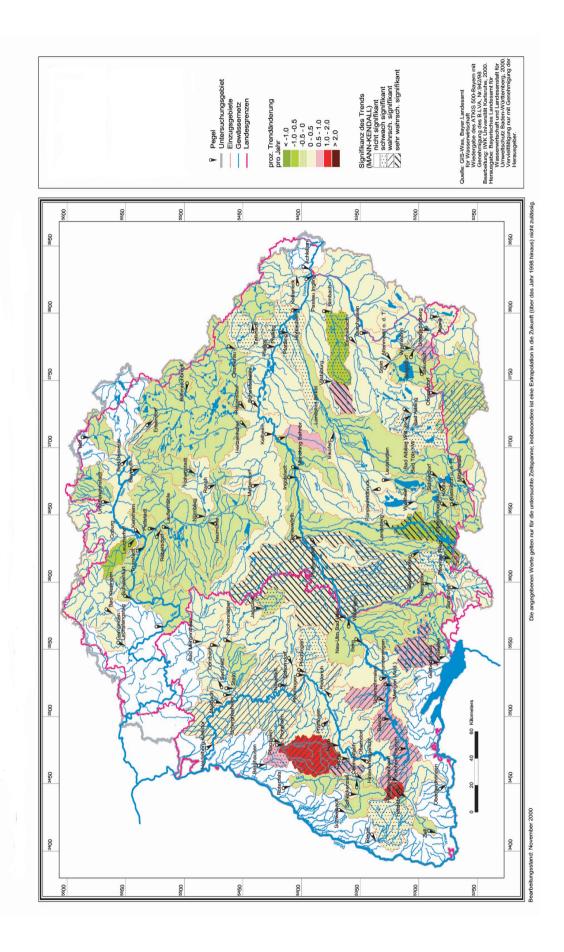


Abb. 1: Prozentuale Trendänderung der jährlichen Höchstabflüsse an Pegeln in Baden-Württemberg und Bayern mit Angabe der Trend-Signifikanz (Quelle: KLIWA-Heft 2, 2000)

44 LfU ©

Trockenperioden – Aufeinanderfolge von mindestens 11 Tagen mit Niederschlägen von weniger als 1 mm – nur wenig änderte: Während im Sommer eine geringe Abnahme von etwa einem Tag zu beobachten war, fand man im Winter meist eine geringe Zunahme um ein bis zwei Tage

 Die Schneedeckendauer ging im betrachteten Zeitraum (1951-1996) in den mittleren und unteren Höhenlagen um rund 20 bzw. 40 % zurück. In den Hochregionen des Schwarzwalds ergaben sich bisher keine signifikanten Änderungen. Die Ergebnisse korrespondierten mit der Zunahme winterlicher Niederschlagsereignisse und der Andauer von Nassperioden. Niederschläge fielen vermehrt in flüssiger Form als Regen und weniger in fester Form als Schnee.

Zur Simulation des Wasserhaushalts auf der Basis verschiedener Klimaszenarien wurden Wasserhaushaltsmodelle entwickelt. Wasserhaushaltsmodelle ermöglichen quantitative Aussagen zu den Abflüssen (Niedrig-, Mittel- und Hochwasser), zur Grundwasserneubildung und zur Verdunstung. Diesen Modellen wird für die Zukunft aus mehrfacher Hinsicht große Bedeutung beigemessen. Mit den Modellen werden Szenarienberechnungen zum Wasserhaushalt und zum Wasserdargebot ermöglicht. Ferner werden die Modelle als Analyseund Prognosewerkzeuge eingesetzt. Sie dienen darüber hinaus auch der operationellen Vorhersage des Abflusskontinuums. In Baden-Württemberg sind mittlerweile rund 95 % der Landesfläche mit Wasserhaushaltsmodellen abgedeckt.

Um belastbare Aussagen über mögliche Auswirkungen der Klimaveränderung auf den Wasserhaushalt zu erhalten, werden im Rahmen von KLIWA Klimaszenarien entwickelt und nachfolgend Simulationsberechnungen mit den Wasserhaushaltsmodellen durchgeführt. Daraus lassen sich dann Konsequenzen für die Wasserwirtschaft aufzeigen und Handlungsempfehlungen entwickeln.

3. Klima und Lufttemperatur

Die Lufttemperatur ist neben dem Niederschlag eine der wichtigsten Klimagrößen. Als Outputgröße globaler Klimamodelle werden der Lufttemperatur die größte Aussagefähigkeit und Zuverlässigkeit beigemessen.

Die Lufttemperatur und ihre langfristigen Änderungen sind beispielsweise für wasserwirtschaftliche Problemstellungen von großer Bedeutung. Über Verdunstung sowie Ausbildung und Andauer der Schneedecke beeinflusst sie den Gebietswasserhaushalt.

Für den Zeitraum der vergangenen 120 Jahre lassen sich an den Stationen des DWD Temperaturanstiege feststellen. Für die Station Karlsruhe liegen seit 1876 bzw. 1881 langjährige Zeitreihen vor (Abb. 2, 3). In beiden Fällen sind Temperaturanstiege aufgrund erhöhter Jahresmitteltemperaturen ab Mitte der 1980er Jahre erkennbar. Das Jahr 2000 war für die Station Karlsruhe das wärmste seit Beginn der Aufzeichnungen. Ob die beobachteten Anstiege jedoch alleinige Folge einer globalen Klimaveränderung sind, kann nicht ohne weiteres entschieden werden. Vielmehr können hier auch stadtklimatische Effekte (beispielsweise Erhöhung der Flächenversiegelung, heranrückende Bebauung) und eine veränderte Landnutzung eine Rolle spielen.

Als wesentliche Ursache für den Temperaturanstieg wird der vom Menschen verursachte Treibhauseffekt angesehen. Dabei schreibt man dem Treibhausgas Kohlendioxid etwa 50 % des beobachteten Effektes zu. Hauptsächliche Emissionsquellen von Kohlendioxid sind Kraftwerke, Heizungen und der Straßenverkehr. Als weiteres wichtiges Treibhausgas ist das Methan zu nennen, das für etwa 20 % der Entstehung des Treibhauseffektes verantwortlich sein soll. Die Konzentration beider Treibhausgase steigt in der Atmosphäre stetig an und unterliegt nur geringen räumlichen Schwankungen. Allerdings sind typische Jahresgänge beobachtbar (Abb. 4, 5).

Das neue Klimaschutzprogramm für Baden-Württemberg, das zur Zeit erstellt wird, enthält detaillierte Informationen zu den Treibhaus-Emissionen.

4. Tier- und Pflanzenarten

Verbreitung und Häufigkeit von Tier- und Pflanzenarten hängen wesentlich von klimatischen Faktoren ab. Folglich führen Klimaänderungen auch zu Verschiebungen in der Verbreitung und Häufigkeit von Arten. Gleichzeitig mit einer Klimaänderung finden weitere Prozesse statt, die eine wissenschaftlich untermauerte Deutung von Änderungen erschweren oder sogar unmöglich machen. Zu solchen Prozessen zählen beispielsweise das Einwandern exotischer Arten (aktuelles Beispiel: Ochsenfrosch) aufgrund der angewachsenen Verkehrs- und Warenströme zwischen den Staaten und Kontinenten (Globalisierung) und die Entstehung neuer Biotope durch die Wirtschaftstätigkeit des Menschen (z.B. Baggerseen in Flussauen). Aber auch eine Häufung ungewöhnlicher Wetterlagen, die nicht mit einer Klimaänderung in Zusammenhang steht, kann sich unter Umständen auf die Verbreitung und Häufigkeit von Arten auswirken. Bei Verdacht auf eine mögliche Folge von Klimaänderungen bedarf es stets einer sorgfältigen Analyse, ob nicht auch andere Prozesse für Änderungen verantwortlich sind.

Gut untersucht sind die Auswirkungen der gegenwärtigen Klimaänderung auf Vogelarten. Hier sind Verschiebungen wesentlich darauf zurückzuführen, dass die Mitteltemperaturen angestiegen sind, der Frühling 5 Tage früher beginnt und der Herbst 9 Tage später endet als noch vor wenigen Jahrzehnten. Entsprechend hat sich der mittlere Wegzugtermin bei vielen Singvögeln um wenige bis 10 Tage verspätet. Auch der Heimzugstermin in die Brutgebiete ist bei mehreren Zugvogelarten früher als bisher. Entsprechend hat sich auch der Legebeginn bei diesen Arten verschoben.

© LfU 45

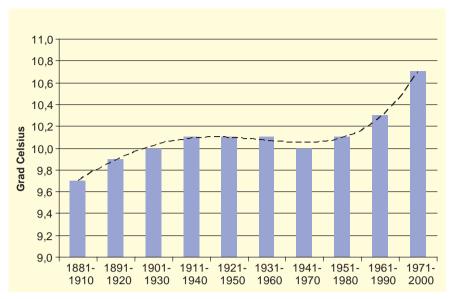


Abb. 2: Das 30-jährige Mittel der Jahresmitteltemperatur an der Wetterstation Karlsruhe (Quelle: DWD, 2002)

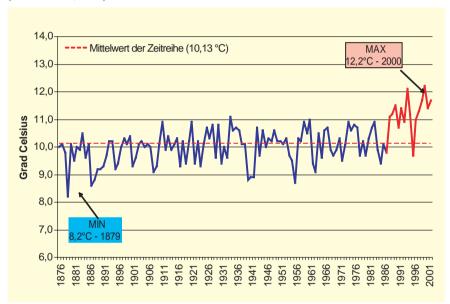


Abb. 3: Die Jahresmitteltemperaturen an der Wetterstation Karlsruhe (Quelle: DWD, 2002)

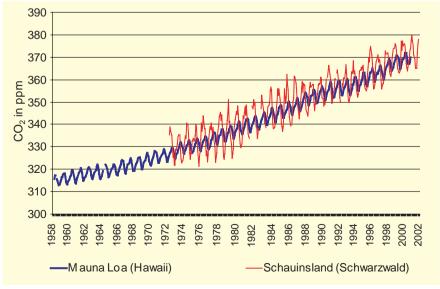


Abb. 4: Konzentration von Kohlendioxid (CO_2) in der Atmosphäre (Mauna Loa, Hawai, und Schauinsland, Schwarzwald) (Quelle: UBA, 2003)

Die Erhöhung der Durchschnittstemperaturen kann ein wesentlicher Grund dafür sein, dass Vogelarten ihr Verbreitungsgebiet nach Norden ausgedehnt haben. Neu ist seit den 90er Jahren die Zunahme und Ausbreitung des Bienenfressers in Südwestdeutschland. Dafür scheint die Klimaänderung zumindest mitverantwortlich zu sein.

Aber man muss bei der Interpretation der Befunde vorsichtig sein. Die Ausdehnung der Vogelareale hat zum Teil schon im 19. Jahrhundert eingesetzt. Arten wie der Hausrotschwanz, ein Kurzstreckenzieher, überwintern in steigendem Maße in ihren mitteleuropäischen Brutgebieten. Mildere Winter sind wohl die Ursache dafür, dass Zugvogelarten ihre Zugstrecken verkürzen oder wie die Mönchsgrasmücke andere Überwinterungsgebiete aufsuchen als früher.

Von der Klimaänderung offensichtlich mitverursacht ist die Ausdehnung der Verbreitungsgebiete mehrerer Libellenarten nach Norden, z. B. der Feuerlibelle. Ebenso ist bei einzelnen Heuschreckenarten die Klimaänderung als Ursache ihrer Ausbreitung zu diskutieren. Insgesamt wurde ein Zustrom gebietsfremder und wärmeliebender Tier- und Pflanzenarten, insbesondere mediterraner Faunenund Florenelemente, festgestellt.

Auch bei Pflanzenarten lassen sich Folgen der Klimaänderung von anderen Prozessen kaum trennen. Diskutiert wird eine Zunahme immergrüner Pflanzenarten als Folge der milderen Winter, z. B. beim Efeu. Hier ist aber beispielsweise die Zunahme der Stickstoffeinträge mit zu berücksichtigen. Der Einfluss des Ozons auf Pflanzenarten und damit verbundene Änderungen ihrer Verbreitung und ihres Vorkommens sind Gegenstand der Diskussion.

Ebenfalls ausgewertet wurden phänologische Daten der vergangenen 30 Jahre (Abb. 6). Diese Auswertung zeigte beispielsweise, dass 1990 bis 1999 ein früherer Frühlingsbeginn um bis zu 10 Tage gegenüber dem Mittel von 1961 bis 1990 eingetreten ist. Auch die räumlichen Verteilungs-

46 LfU ©

muster von Gebieten mit früherem Frühlingsbeginn (indiziert über den Beginn der Apfelblüte) zeigen bei einem Vergleich der beiden untersuchten Zeiträume deutliche Änderungen. So nehmen die Gebiete mit einem früheren Beginn der Apfelblüte 1990 bis 1999 deutlich zu und schließen auch Gebiete ein, die für ihr raueres Klima bekannt sind.

Nutzen ist aus solchen Ergebnissen in mehrfacher Hinsicht zu ziehen. Es können Gebiete ausgegliedert werden, in denen es aufgrund der klimatischen Entwicklung für den Menschen zu gesundheitlichen Belastungen durch Hitzestress und hohe Luftfeuchtigkeit kommen kann (z.B. Oberrheinebene). Gleichzeitig sind dies aber auch Gebiete, in die wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten (darunter auch Schädlinge und Krankheitserreger) bevorzugt einwandern können. Für die Land- und Forstwirtschaft ergeben sich Hinweise auf den Zeitpunkt des Pflanzenschutzmitteleinsatzes, die Sortenwahl von Nutzpflanzen und die Erntezeitpunkte, aber auch auf Spätfrostgefahren für den Wein- und Obstbau.

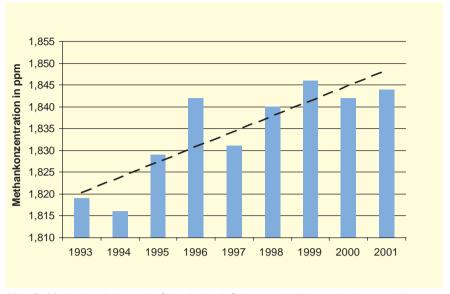


Abb. 5: Methanimmissionen im Schauinsland, Schwarzwald (Jahresmittelwerte mit linearer Trendlinie. Quelle: UBA, 2002)

Auch die möglichen Klimafolgen für andere Bereiche wie zum Beispiel Land- und Forstwirtschaft, Luftreinhaltung, Tourismus und Gesundheit sind Gegenstand der Forschung.

Um dem Forschungsbedarf zu begegnen, hat das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg das Verbundvorhaben "Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, An-

passung" (KLARA) initiiert. An diesem Verbundvorhaben arbeiten die LfU sowie Fachleute aus der Land- und Forstwirtschaft, dem Gesundheitswesen, dem Wirtschaftsministerium und dem Naturschutz.

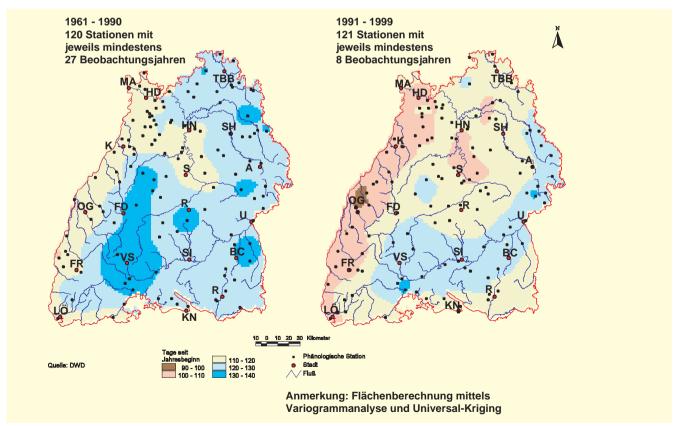


Abb. 6: Durchschnittlicher Beginn der Apfelblüte (Quelle: DWD, 2002)

© LfU 47

5. Anhang

5.1 Literaturverzeichnis

Potsdam-Institut für Klimaforschung: Klimaszenarien - Klimaderivate, Potsdam 2002

Occc Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung: Das Klima ändert sich - auch in der Schweiz, Bern 2002

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change: Technical Summary. Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press

Bayerischer Klimaforschungsverbund (1999): BayFORKLIM Abschlussbericht, München 1999

Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 13/734 (2002): 10 Jahre nach der Umweltkonferenz von Rio - Auswirkungen der Klimaveränderungen für Mensch und Umwelt in Baden-Württemberg, Stuttgart 2002

Bremicker, M. Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM - Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele - Freiburger Schriften zur Hydrologie, Band 11, 2000

KLIWA, Fachvorträge beim KLIWA-Symposium am 29. und 30.11.2000 in Karlsruhe, KLIWA-Berichte Heft 1, 2000

KLIWA, KLIWA-Statusbericht, Stand 11.10.2001, www.kliwa.de

KLIWA, Langzeitverhalten der Hochwasserabflüsse in Baden-Württemberg und Bayern, KLIWA-Berichte Heft 2, 2002

5.2. Informationsmöglichkeiten

www.kliwa.de

48 LfU ©