



Einführung in den LAWA Klimawandel-Bericht 2020

Der LAWA Klimawandel-Bericht 2020 hat zum Ziel, den Wasserwirtschaftsverwaltungen und der Fachöffentlichkeit eine anwendungsorientierte Bestandsaufnahme der Herausforderungen des Klimawandels für die Wasserwirtschaft inklusive entsprechender Klimaanpassungsmaßnahmen bereitzustellen.

Wie lese ich den Bericht?

Die Struktur des Berichts bietet die Möglichkeit, sich gezielt mit wenig Aufwand zum eigenen Interessensgebiet zu informieren. Dafür sind im zentralen Kapitel 5 des Berichts für die 15 Handlungsfelder jeweils auf wenigen Seiten die Betroffenheit, mögliche Klimaanpassungsmaßnahmen und Praxisbeispiele beschrieben. Zur Vertiefung können die einzelnen Klimaanpassungsmaßnahmen anschließend im Anhang II anhand kurzer übersichtlicher Steckbriefe nachgeschlagen werden. Der aktuelle Stand der Forschung zum bereits beobachteten und dem fortschreitenden Klimawandel ist in Kapitel 3 beschrieben, während Kapitel 4 die Auswirkungen auf die wasserwirtschaftlichen Kenngrößen zusammenfasst. Kapitel 6 beschreibt die Grundzüge der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) und benennt mögliche Zielkonflikte bei Klimaanpassungsmaßnahmen, während der Forschungs- und Entwicklungsbedarf in Kapitel 7 adressiert wird.

Kompaktinformationen

Für einen schnellen Überblick gibt es zu den Inhalten des Berichts die folgenden Kompaktinformationen:

- 1 Einführung
- 2 Klimawandel in Deutschland
- 3 Wasser – Auswirkungen des Klimawandels
- 4 Binnenhochwasserschutz und Schutz vor hohen Grundwasserständen
- 5 Küstenschutz
- 6 Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung
- 7 Überflutungsschutz
- 8 Niederungsentwässerung an der Küste
- 9 Meeresschutz
- 10 Gewässerökosystemschutz
- 11 Grundwasserschutz und Grundwassernutzung
- 12 Öffentliche Wasserversorgung
- 13 Kühlwasserverfügbarkeit
- 14 Wasserkraftnutzung
- 15 Schifffbarkeit
- 16 Wasserentnahme zur Bewässerung in der Landwirtschaft
- 17 Talsperren- und Speichermanagement
- 18 Niedrigwassermanagement
- 19 Strategische Handlungsfelder



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Klimawandel in Deutschland

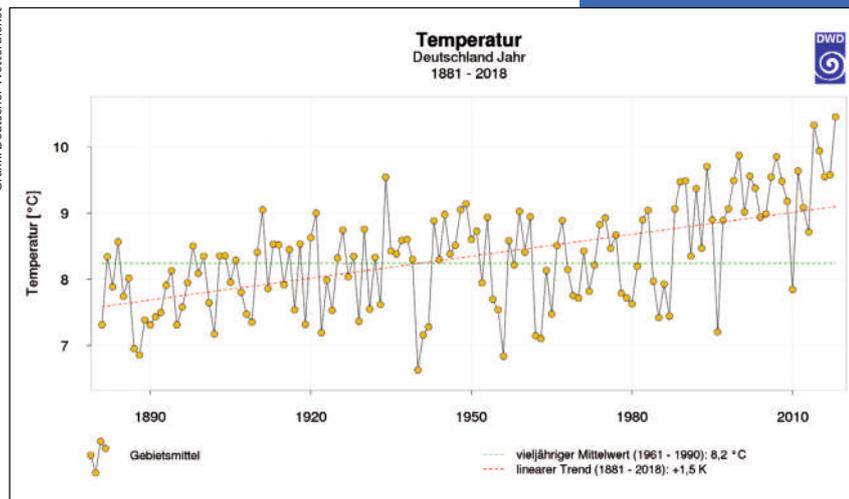
Die Erwärmung des globalen Klimasystems ist eindeutig. Der menschliche Einfluss wird als Hauptursache der beobachteten Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts angesehen. Am 4. November 2016 trat der internationale Klimavertrag der Weltklimakonferenz in Paris in Kraft. Damit verpflichtet sich die Staatengemeinschaft, die globale Erwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf deutlich unter 2 °C, möglichst auf 1,5 °C, zu begrenzen.

Gemessene regionale Klimaänderungen

Die Auswertung der Messreihen von 1881 bis 2018 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zeigt:

- Die Lufttemperatur stieg im Jahresdurchschnitt von 1881 bis 2018 im Mittel um circa 1,5 °C an und liegt damit über der globalen mittleren Zunahme von 1 °C. Der Anstieg war in den letzten Jahrzehnten besonders stark. Für den Zeitraum 1969 bis 2018 beträgt die Erwärmungsrate 0,36 K pro Jahrzehnt, wohingegen sie im Zeitraum 1881 bis 1968 nur 0,06 K pro Jahrzehnt betrug.
- Die jährliche Niederschlagshöhe nahm von 1881 bis 2018 um 69 mm beziehungsweise 9 % des mittleren Niederschlags der Referenzperiode 1961 bis 1990 zu. Bezogen auf das Sommer- und Winterhalbjahr haben die Niederschlagshöhen im Winter um circa 25 % deutlich zugenommen, während sie im Sommer gleichbleibend bis leicht rückläufig sind. Allerdings gibt es beim Niederschlag große Jahr-zu-Jahr-Variabilitäten und regionale Unterschiede.

Gratifik: Deutscher Wetterdienst



Veränderung der mittleren Jahrestemperatur und der zugehörige lineare Trend in Deutschland von 1881 bis 2018.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Zukünftige regionale Klimaänderungen

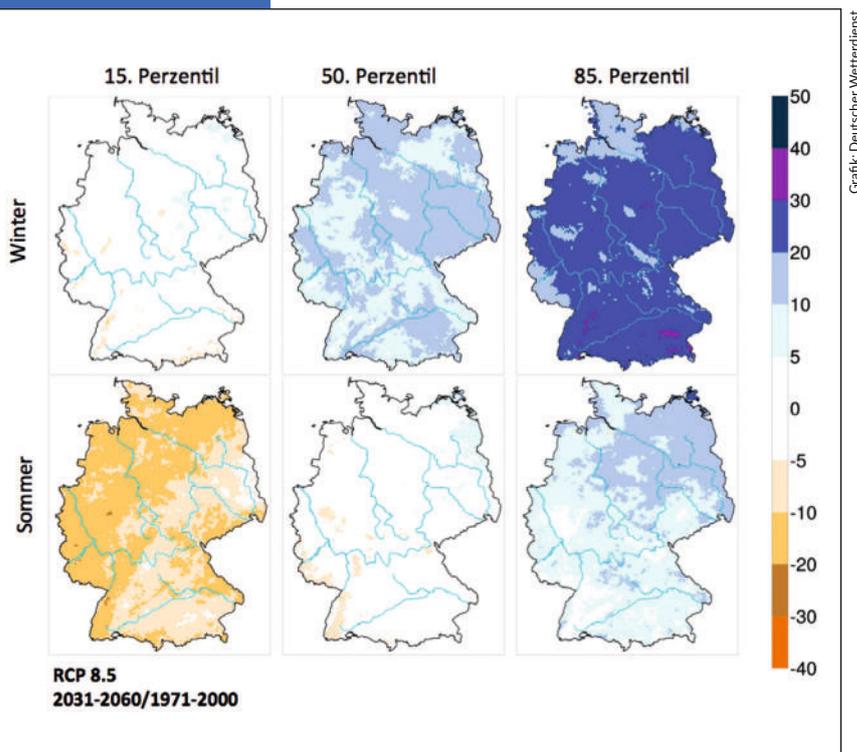
Die zukünftigen Klimaänderungen sind stark durch das gegenwärtige und zukünftige Verhalten der Menschheit beeinflusst und werden mit Hilfe von Klimamodellen auf der Basis von Zukunftsszenarien abgeschätzt.

Dafür steht eine Vielzahl von relativ groben globalen und höher aufgelösten regionalen Klimamodellen sowie verschiedene Emissionsszenarien zur Verfügung, welche eine Bandbreite an möglichen Änderungssignalen berechnen und mit Unsicherheiten behaftet sind.

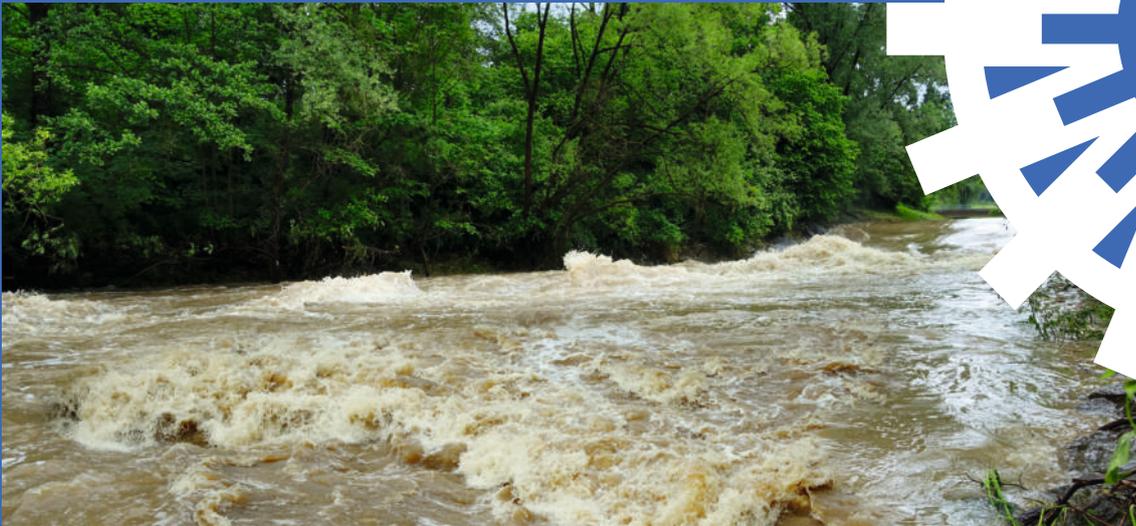
Für diesen Bericht wurden Ergebnisse aller beim DWD vorliegenden regionalen Klimasimulationen der neusten Generation (DWD-Referenzensemble v2018) für die Auswertung der Lufttemperatur und des Niederschlags verwendet, die den Zeitraum 1971 bis 2100 umfassen:

Mittlere prozentuale Änderung des Winter-niederschlags (DJF, oben) und des Sommer-niederschlags (JJA, unten) für den Projektionszeitraum 2021 bis 2050 des RCP8.5-Szenarios gegenüber dem Zustand von 1971 bis 2000. Das Mittel des Ensembles entspricht dem 50. Perzentilwert, das 15. und 85. Perzentil ergeben die Spannweite.

- Im Mittel wird für Deutschland für die nahe Zukunft (2031 bis 2060) eine Erwärmung um 1 bis 2 °C im Vergleich zur Referenzperiode 1971 bis 2000 projiziert. Je nach Emissionsszenario zeigt sich für die fernere Zukunft bis 2100, dass sowohl eine Stabilisierung bei 1 bis 2 °C Erwärmung möglich ist als auch eine Erwärmung um 3,5 bis 4,5 °C, wenn keine Maßnahmen zum Klimaschutz umgesetzt werden. Generell zeigen die Modellrechnungen eine von Nordwesten nach Südosten zunehmende Erwärmung.
- Bis zur Mitte des Jahrhunderts werden für Deutschland im Mittel Änderungen der mittleren jährlichen Niederschlagssumme von 0 bis 10 % projiziert. Für die ferne Zukunft ergeben die Klimarechnungen Zunahmen des Jahresniederschlags bis 15 %, wobei mit regionalen Unterschieden zu rechnen ist. Für die Wintermonate zeigen beiden Zeithorizonte eine Zunahme der Niederschlagsmenge (um circa 5 bis 20 % in der nahen Zukunft). Für die Sommermonate sind Tendenzen zu trockeneren Sommern in der ferneren Zukunft zu erwarten, während es für die nahe Zukunft keine eindeutigen Tendenzen gibt.



Da Extreme definitionsgemäß sehr seltene Ereignisse sind, sind statistische Analysen schwierig und zum Teil weniger belastbar als für mittlere Größen. Aufgrund der vorhandenen und weiter fortschreitenden Erwärmung ist es eher wahrscheinlich, dass hohe Temperaturen häufiger vorkommen und oft mit langanhaltenden Hitzeperioden verbunden sein werden. Mit dem Klimawandel steigt grundsätzlich das Potential für höhere Niederschlagsmengen und damit auch das Risiko für häufigere und extremere Niederschlagsereignisse. In der Entwicklung der Sturmintensitäten lässt sich bislang keine klare Tendenz erkennen.



Wasser – Auswirkungen des Klimawandels

Oberirdischer Abfluss

Der Abfluss stellt die integrale Antwort eines Einzugsgebiets auf den Niederschlag dar und ist somit ein wichtiger Indikator für die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt. Wegen des Anstiegs der mittleren Lufttemperatur nimmt im Allgemeinen die Verdunstungsrate zu, so dass weniger Wasser für den Abfluss verbleibt. Insbesondere Veränderungen des Niederschlags und der Verdunstung wirken sich gegenläufig auf den Abfluss aus.

Nicht alle Änderungen machen sich im Jahresmittelwert des Abflusses bemerkbar. Oft ist eine Veränderung des Abflussjahresgangs festzustellen, die ihre Ursache in der Überlagerung verschiedener Effekte haben kann und sich daher regional und je nach Regimetyp unterscheidet. Flüsse aus den Mittelgebirgen weisen typischerweise ein Regen-Regime (pluvial) auf. Häufig zeigen die Abflussprojektionen des Szenarios „weiter wie bisher“ hier Zunahmen des Abflusses im Winter und Abnahmen im Sommer, was zu einer Intensivierung der Niedrigwasserphasen im Sommer und Herbst führt.

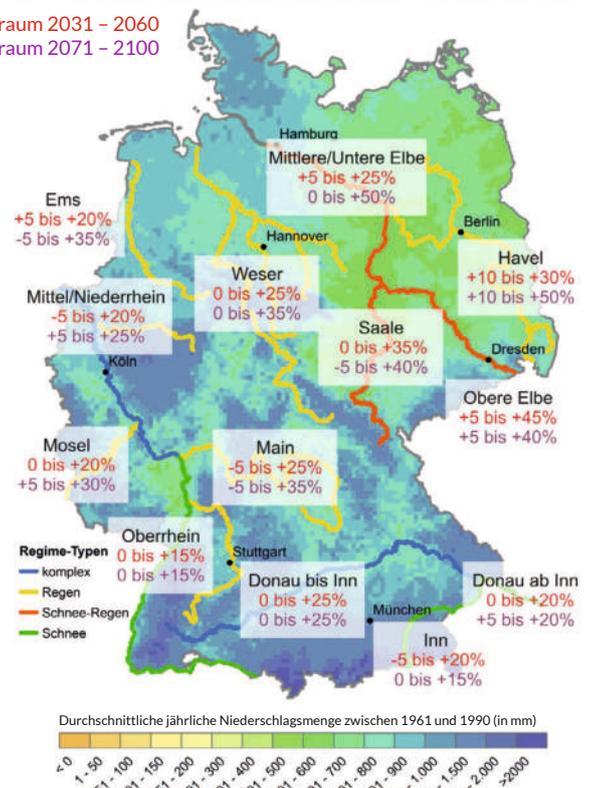
Flüsse mit Schnee-Regime sind hingegen von einer zunehmenden Dominanz des Regens (Pluvialisierung) betroffen, was beispielsweise im Hoch- und Oberrhein zu einem gleichmäßigeren

Zukunftsszenarien für die Hochwasserabflüsse an den großen deutschen Flüssen.

Quelle: Nilson, E., Astor, B., Bergmann, L., Fischer, H., Fleischer, C., Haunert, G., Helms, M., Hillebrand, G., Kikillus, A., Labadz, M., Mannfeld, M., Razafimanaro, C., Pazwahl, R., Rasquin, C., Riedel, A., Schröder, M., Schulz, D., Seiffert, R., Stachel, H., Wachler, B. and Winkel, N. (2019) Beiträge zu einer verkehrsträgerübergreifenden Klimawirkungsanalyse: Wasserstraßenspezifische Wirkungszusammenhänge. Schlussbericht des Schwerpunktthemas Schifffahrt und Wasserbeschaffenheit (SP-106) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks.

Zukünftige Veränderung der langjährig gemittelten jährlichen Hochwasserabflüsse (MHQ) an den großen Flüssen gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 – 2000¹

Zeitraum 2031 – 2060
Zeitraum 2071 – 2100



¹ Basierend auf einem Ensemble von 18 Abflussprojektionen unter Annahme des Szenarios „Weiter wie bisher“ (RCP 6.5)



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Jahresverlauf führt. In Mischregimen hängt es von den konkreten Verhältnissen ab. Im komplexen Regime des Rheins unterstrom der Mainmündung ist zum Beispiel mit einer Verungleichmäßigung zu rechnen. Insgesamt sind all diese Entwicklungen gegen Ende des Jahrhunderts deutlicher zu erkennen als zur Jahrhundertmitte. Viele Abflussprojektionen deuten auf eine Zunahme des mittleren Hochwasserabflusses hin. Auch bei sehr extremen Abflüssen einer hohen Jährlichkeit muss daher mit der Möglichkeit einer zukünftigen Zunahme gerechnet werden. Die Unsicherheiten von Abschätzungen der Änderungssignale extremer Hochwasser sind aber noch sehr groß.

Gewässerökologie

Gewässer bieten in Abhängigkeit der äußeren Umstände vielfältige Lebensräume. Naturnahe Gewässerabschnitte sind aufgrund ihrer Strukturvielfalt deutlich stabiler und widerstandsfähiger gegenüber Veränderungen im Wasserhaushalt. Veränderungen der Lufttemperatur und der Niederschlagsverteilung wirken sich auf die Wassertemperatur, die Wassermenge und die chemische Zusammensetzung eines Gewässers aus. In Seen kann sich das Mischungsverhalten ändern mit weitreichenden Auswirkungen für das Seeökosystem und die Lebensgemeinschaften von Gewässern. Die räumliche Ausdehnung aquatischer Lebensräume wird sich wandeln oder verschieben (zum Beispiel Verschiebung von Fischregionen in Richtung Quelle). Manche Arten werden seltener oder sterben aus, andere, aus wärmeren Regionen eingewanderte Arten können sich vermehren und im Ökosystem etablieren. Mittelfristig kann die Artendiversität abnehmen, mit der Folge, dass Abwanderungen von gewässerspezifischen Arten oder Störungen in der Nahrungskette drohen. Durch generell höhere Wassertemperaturen können sich die Wander- und Laichzeiten der Fische verschieben. Zusätzlich bedeuten kurzzeitige Extremtemperaturen und Trockenperioden vermehrten Stress für die Wasserorganismen und Fischpopulationen.

Auch für die Meere sind Habitatverschiebungen, das Aussterben, Verdrängen und Einwandern von Arten zu erwarten. Durch die Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre nimmt auch die CO₂-Konzentration in den oberen Meeresschichten zu und führt zu einer Versauerung des Meerewassers, worunter vor allem kalkbildende Organismen

leiden. Bei einem schnellen Meeresspiegelanstieg ist das Mitwachsen des Wattenmeeres und der Boddenlandschaft nicht gesichert.

Grundwasser

Die jährliche Grundwasserneubildung kann sich aufgrund gegenläufiger Auswirkungen des Klimawandels regional unterschiedlich entweder erhöhen oder verringern, je nachdem, ob winterliche Niederschlagszunahme oder sommerliche Verdunstung dominiert. Es kann mittlerweile relativ gesichert davon ausgegangen werden, dass es zeitverzögert zu einer Zunahme der oberflächennahen Grundwassertemperatur kommen wird. Dies beeinflusst die chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse im Boden und Grundwasser, sodass eine verstärkte Nitrat- auswaschung möglich ist. Ebenso kann eine gesteigerte Bewässerung zu einer erhöhten Auswaschung von Nährstoffen und Salzen in das Grundwasser beitragen.

Im Bereich der Küsten und Ästuare verändern höhere Meereswasserstände den Gradienten zwischen Fluss-/Küstengewässer und Grundwasser, wodurch es zu einem erhöhten Süß-/Salzwasseraustausch in der Vermischungszone zwischen Grundwasser und Uferfiltrat kommt. In diesem Bereich wird es zu einer hydrochemischen Veränderung des Grundwassers (vor allem stärkere Versalzung) kommen.

Küstengewässer und Ästuare

An den deutschen Küsten sind vor allem die durch den Klimawandel verursachten Veränderungen des Meeresspiegels, der Sturmfluten und des Seegangs relevant. Für das der vorsorglichen Planung zugrunde zulegende RCP8.5-Szenario geht das IPCC in diesem Jahrhundert aktuell von einem Meeresspiegelanstieg zwischen 0,6 und 1,1 Meter aus. Da sich die Windverhältnisse nach derzeitigem Kenntnisstand an den deutschen Küsten nicht wesentlich ändern, ist mit vergleichbaren Zunahmen der Sturmflutwasserstände zu rechnen. Der Sturmseegang wird sich demnach nicht wesentlich ändern. Die hydrologischen Veränderungen werden wiederum morphologische Folgen wie verstärktem Küstenabbruch und abnehmenden Watt- und Salzwiesenflächen im Weltnaturerbe Wattenmeer nach sich ziehen.



Binnenhochwasserschutz und Schutz vor hohen Grundwasserständen

Betroffenheit des Binnenhochwasserschutzes

Der Binnenhochwasserschutz ist durch die Veränderung verschiedener Klimaparameter betroffen, das sind:

- Eine mögliche Zunahme von sommerlichen Starkregenereignissen.
- Eine mögliche Zunahme von Winterniederschlägen.
- Eine beschleunigte Schmelze von Schnee und Eis durch mögliche Temperaturzunahmen.

Nehmen Häufigkeit, Höhe oder Dauer von Hochwassern zu, so könnte dies dazu führen, dass bisherige Bemessungshochwasser zukünftig häufiger erreicht werden. Bei der Bemessung neuer Schutzanlagen und der Überprüfung bestehender Anlagen sollten die Auswirkungen des Klimawandels daher berücksichtigt werden.

In stark besiedelten Gebieten könnte die Hochwassergefährdung durch Veränderungen des Niederschlags steigen. Dabei könnten insbesondere kleinere Gewässer an Bedeutung gewinnen und auch kritische Infrastrukturen betroffen sein.

Foto: Christiane Vogel, Kreis Warendorf



Der Hochwasserschutz in den Alpen ist besonders durch sich verändernde Niederschlagsmuster und Veränderungen des Schneevorkommens gefährdet. Zunehmende winterliche Starkniederschläge (Regen statt Schnee) können neben Hochwasser auch weitere Gefahren, zum Beispiel Murgänge, mit sich bringen.

Praxisbeispiel 01:
Die Reaktivierung einer naturnahen Aue ist ein Baustein des Hochwasserschutzes an der Werse.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Betroffenheit bei hohen Grundwasserständen

Das zeitlich begrenzte, starke Ansteigen der Grundwasserstände kann bei Überflutungen durch Stauwasser in Gebieten mit oberflächennah anstehendem Grundwasser (zum Beispiel in Flussauen) Schäden verursachen. Der Klimawandel kann aufgrund einer Zunahme der Winterniederschläge den Schutzbedarf vergrößern:

- Davon sind vor allem bauliche Anlagen betroffen (zum Beispiel durch Kontamination von Gebäudeteilen durch austretende Schadstoffe).
- Aber auch landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Flächen können betroffen sein (zum Beispiel Verfaulen der Aussaat).

- Nutzungsvorgaben in Überschwemmungsgebieten/überschwemmungsgefährdeten Flächen
- Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten
- Erstellen von Hochwassergefahrenkarten und -risikokarten
- Ermittlung und Darstellung vernässungsgefährdeter Flächen (Grundwasser)
- Objektschutz bei Gefährdung durch hohe Grundwasserstände
- Hochwasserpartnerschaften
- Organisierte Maßnahmen bei Eintritt eines Extremereignisses
- Verhaltensvorsorge und Fortbildungen

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Lastfall Klimaänderung (Klimafaktor)
- Technischer Hochwasserschutz
- Wiedergewinnung von Überschwemmungsflächen und Renaturierung von Auen
- Aktivierung zusätzlicher und Optimierung vorhandener Rückhalteräume

Praxisbeispiele im Bericht

- 01 Interkommunaler Entwicklungsplan Werse – Hochwasserschutz und ökologische Entwicklung
- 02 Förderung von Hochwasserpartnerschaften durch Landesbehörden
- 03 Hochwasserschutz Dresden-Gorbitz

Foto: Don-kun, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org>



Praxisbeispiel 03:
Rückhaltebecken an
der Brücke über
den Weidigtbach in
Dresden-Gorbitz.



Praxisbeispiel 04:
Statt einer umfangreichen Eindeichung gilt für die Wohnhäuser am Sandtorkai eine Schutzhöhe der Warften von mindesten 7,5 m ü. NN.

Küstenschutz

Betroffenheit

Das Handlungsfeld Küstenschutz umfasst den Küstenhochwasserschutz und die Küstensicherung. Infolge eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs ist mit erhöhten hydrologischen Belastungen und somit auch mit einem erhöhten Unterhaltungs- und Instandsetzungsaufwand der Küstenschutzanlagen zu rechnen. So werden zum Beispiel die erforderlichen Mengen und Wiederholungsfrequenzen von stabilisierenden Sandaufspülungen zunehmen müssen. Außerdem ist bei der Bemessung von Küstenschutzbauwerken ein Klimazuschlag sowie eine Baureserve zur leichteren, nachträglichen Erhöhung sinnvoll. Andererseits kann sich ein selteneres Auftreten von Eis positiv auf Küstenschutzbauwerke auswirken.

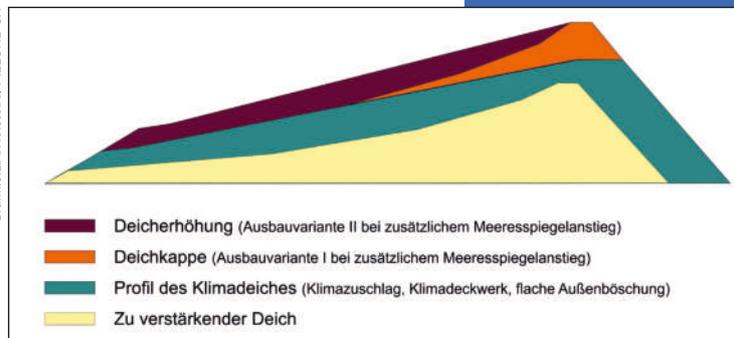
Klimaanpassungsmaßnahmen

- Küstensicherung durch feste Bauwerke
- Küstensicherung durch Sandersatzmaßnahmen
- Küstenhochwasserschutz durch Deiche
- Küstenhochwasserschutz durch Schutzdünen
- Küstenhochwasserschutz durch sonstige Hochwasserschutzanlagen
- Küstenrisikomanagement durch die Ausweisung von Bauverbotszonen beziehungsweise Vorrang- und Vorbehaltsgebieten

Foto: Jürgen Gerhardt



Grafik: J.L.A. Hofstede / MELUND-SH



- Organisierte Maßnahmen bei Eintritt eines Extremereignisses
- Verhaltensvorsorge und Fortbildungen

Praxisbeispiele im Bericht

- 04 Hafencity Hamburg: Warften statt Deiche
- 05 Konzept „Klimadeich“

Praxisbeispiel 05:
Neues Klimaprofil für Landesschutzdeiche in Schleswig-Holstein. Das Profil enthält eine Baureserve: Die Außenböschung wird flacher, die Deichkrone breiter und das Deckwerk höher. Damit ist eine nachträgliche Ertüchtigung ohne viel Aufwand möglich.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Siedlungsentwässerung und Abwasserreinigung

Bei der Zunahme von Starkniederschlägen, einer Veränderung des saisonalen Niederschlagsregimes und einer Erhöhung der Abwassertemperaturen kann sich beim System der Siedlungsentwässerung und der Abwasserreinigung ein Anpassungsbedarf ergeben. In besonderem Maße sind daher eine wassersensible Stadt- und Freiraumplanung sowie die Eigenvorsorge gefragt.

Betroffenheit

Entwässerungssysteme sind in der Regel für die schadlose Ableitung des Regenwassers von Bemessungsereignissen mit Wiederkehrintervallen von 2 bis 5 Jahren konzipiert. Mit einer Zunahme der Intensität und Häufigkeit von Starkregenereignissen ist mit einer häufigeren Überschreitung der Bemessungsniederschläge zu rechnen. Daher wird empfohlen, bei sich bietendem Anlass (zum Beispiel Neubau) die Sensitivität des Abwassersystems gegenüber größeren Bemessungsereignissen zu prüfen.

Die Zunahme von Trockenperioden in Kombination mit steigenden Temperaturen kann die Bildung von Kanalablagerungen, Geruchsentwicklungen und Korrosion im Kanalnetz fördern und zwischen Niederschlagsereignissen auch zu einer

höheren Akkumulation von Schmutzstoffen auf der Oberfläche kommen. Aufgrund der infolge des Klimawandels zu erwartenden Erhöhung der Abwassertemperatur ist auch die Abwasserreinigung selbst direkt betroffen. Denn erhöhte Abwassertemperaturen können im Kanalnetz zu einer beschleunigten Umsetzung leicht abbaubarer Stoffe führen. Zudem kann in den Kläranlagen



Praxisbeispiel 06:
Bei einer Pflanzaktion im Rahmen der Kampagne „Natur in graue Zonen“ werden Bürger und Bürgerinnen sowie Unternehmensvertreter und Unternehmensvertreterinnen für den Erhalt der biologischen Vielfalt sensibilisiert, Flächen entsiegelt und naturnah gestaltet.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



die Nitrifikation im biologischen Reinigungsprozess beschleunigt werden. Da bei höheren Temperaturen die Sauerstofflöslichkeit abnimmt, könnten höhere Stromkosten für den Sauerstoffeintrag anfallen.

Höhere Niederschläge führen zu einer Verdünnung der Stoffkonzentration, während zunehmende Trockenheit eine höhere Akkumulation von Schmutzstoffen im Kanalsystem bewirken kann. Je nach Dauer und Intensität des folgenden Niederschlagsereignisses kann diese Schmutzfracht dann als Spülstoß an der Kläranlage eintreffen.

Als weitere Folge häufiger Trockenperioden wird der Kläranlagenabfluss in kleineren Vorflutern künftig einen größeren Anteil am Abflussgeschehen haben. Entsprechend kommt der hohen Qualität des gereinigten Abwassers eine noch größere Bedeutung zu, was strengere Immissionsanforderungen an Abwasserreinigungsanlagen nötig machen könnte.

Der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung sollte vor dem Hintergrund der Anpassung an den Klimawandel im urbanen Bereich große

Beachtung geschenkt werden, um zukünftig bei beiden Wetterextremen, Starkregen und Trockenheit, flexibel reagieren zu können.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Bauliche Optimierung und optimierter Betrieb vorhandener Kanalnetze
- Anpassungen im Kläranlagenbetrieb
- Anlagen zur Regenwasserreinigung
- Zentrale und dezentrale Retentionsmaßnahmen in Städten
- Nutzung von Versickerungspotentialen
- Anreize zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung
- Schutz abwassertechnischer Anlagen vor Hochwasser

Praxisbeispiele im Bericht

- 06 Kampagne „Natur in grauen Zonen“
- 07 Grundschule Wegenkamp – Schulhöfe mit nachhaltiger Regenwasserbewirtschaftung
- 08 Projekt „Gefährdung durch Überstau aus dem Kanalsystem“

Foto: Judith Sprenger



Praxisbeispiel 07:
Auf dem Schulhof der Schule Wegenkamp wird das Regenwasser von den Dächern in begrünte Mulden geführt, aus denen das Wasser versickern und verdunsten kann oder gedrosselt in das öffentliche Sielsystem abgegeben wird.



Überflutungsschutz: Starkregen und Sturzfluten

Starkregen mit der Gefahr von wild abfließendem Oberflächenabfluss oder Sturzfluten kann überall, und durch den Klimawandel bedingt, zukünftig wahrscheinlich häufiger beziehungsweise intensiver auftreten. Folglich wird die Notwendigkeit von Schutz- und Vorsorgemaßnahmen zunehmen. Das Verständnis des lokal bedingten Zusammenhangs zwischen Auftreten des Starkregens, Abflussbildung und Auftreten von Schäden ist dabei von besonderer Bedeutung, um der jeweiligen Betroffenheit begegnen zu können. Die besondere Gefährdung durch Starkregenereignisse und Sturzfluten erklärt sich durch ...

- ... geringe Vorwarnzeiten,
- ... hohe Fließgeschwindigkeiten und Schlamm- und Geröllabtrag,
- ... spontane Veränderungen von Fließwegen aufgrund von Ablagerungen oder Erosion.

Betroffenheit

Intensive Niederschläge können insbesondere in bebauten Gebieten, aber auch auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen zu erheblichen Schäden führen. Einerseits werden direkte Schäden durch den Starkregen verursacht. Andererseits können indirekte Schäden aufgrund von Überflutungen entstehen, die durch Hangabfluss,

Foto: DepPhotos, www.shutterstock.com
und Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau



Ausuferungen oder Überlastung des Entwässerungssystems auftreten. Neben der Überflutungshöhe ist die Fließgeschwindigkeit des oberflächlich abfließenden Wassers ausschlaggebend für Schäden. Zudem spielen der Eintrag und Transport von Schlamm, Geröll, Schwemmholz und anderem Treibgut eine große Rolle.

Bei Starkregen können sowohl von überlasteten (urbanen) Fließgewässern als auch von Sturzfluten in Bereichen fernab von Gewässern oder von normalerweise trockenen Abflussbahnen in

Praxisbeispiel 11:
Das Auskunft- und Informationssystem Starkregenvorsorge bietet der Öffentlichkeit und der Verwaltung Auskunft darüber, wo in der Hansestadt Bremen beim nächsten Starkregenereignis mit Wasser zu rechnen ist und welche Anpassungs- und Schutzmaßnahmen möglich sind.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Praxisbeispiel 09:
Eine gefüllte Retentions-
senke bei Leonberg-
Warmbronn nach den
Starkregenereignissen
in der Glemsregion im
Mai 2016.



Foto: Urheber wünscht Anonymität

Geländetiefpunkten große Gefahren ausgehen. Das fehlende Bewusstsein für die Gefahr, die von solchen Gewässern und Bereichen ausgeht, führt meist zu deren ungenügenden Unterhaltung. Bei Sturzfluten in Ortschaften kommt auch dem aus Außengebieten zufließendem Wasser eine große Bedeutung zu. Besonders betroffen von den Auswirkungen der Sturzfluten sind daher enge, besiedelte Täler.

vermehrt zeitlich unverzögerter Abfluss auftreten wird. Bei intensiven Niederschlägen kann dies neben Hochwasser auch weitere Folgen wie zum Beispiel Murgänge und Hangbewegungen mit sich bringen. Folglich wird die Bedeutung von Schutzwäldern künftig zunehmen.

In ländlichen Gebieten kann Starkregen die Verschlammung der Böden fördern. Indirekte Schäden treten durch Erosion (zum Beispiel Verlust von fruchtbarem Boden) und Ablagerung des erodierten Materials (zum Beispiel Überdeckung von Pflanzen) auf. Als Folge des Eintrags von bodengebundenen Stoffen in Gewässer und des Abschlags von Regenwasser- und Mischwasseranlagen kann es in Oberflächengewässern zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität kommen.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Wasser- und Sedimentrückhalt in Außengebieten
- Retention durch Änderungen in der Forstwirtschaft
- Barrieren zwischen Siedlung und Außengebieten
- Gestaltung der Einlaufvorrichtungen an Hängen
- Angepasste Bewirtschaftung von Hängen
- Herstellung und Sicherung von Notwasserwegen
- Objektschutz bei Überflutungsgefährdung
- Organisierte Maßnahmen bei Eintritt eines Extremereignisses
- Verhaltensvorsorge und Fortbildungen
- Regelmäßige Wartung und Inspektion der Entwässerungssysteme
- Durchführung von Gefährdungsabschätzungen

Praxisbeispiele im Bericht

- 09 Pilotprojekt „Anpassung an den Klimawandel durch Stärkung des Wasser- und Bodenrückhalts im Einzugsgebiet der Glems“ (KliStaR)
- 10 Projekt „Stark gegen Starkregen“ starkgegenstarkregen.de
- 11 Projekt „Klimaanpassungsstrategie – extreme Regenereignisse“ (KLAS) starkregen.bremen.de



Übersicht Starkregenkarte Lexikon Fragen und Antworten Infomaterial Kontakt

Machen Sie sich stark
gegen die Folgen von
Starkregen

Erfahren Sie mehr



Praxisbeispiel 10:
Auf der Internetseite
„Stark gegen
Starkregen“ stellt der
Lippeverband
der Öffentlichkeit
Starkregenkarten und
Infomaterial online
zur Verfügung.

Die potentiellen Schäden von Starkregenereignissen sind in Städten/Kommunen höher als in Umlandbereichen, da eine hohe Dichte bedeutender Infrastruktur vorliegt und gleichzeitig aufgrund der hohen Versiegelung weniger Niederschlag versickern kann.

Im Alpenraum wird infolge des Klimawandels vermutlich zukünftig ein geringerer Teil des Niederschlags als Schnee fallen, mit der Folge, dass





Niederungsentwässerung an der Küste

Niederungen sind durch Ufer begrenzte und in sich nicht geschlossene Gebiete, die nicht höher als 2,5 m über dem Meeresspiegel liegen und deren Abfluss über Gräben, Kanäle und Flüsse ins Meer erfolgt.

Betroffenheit

Zunehmende Hochwasserabflüsse und Starkregenereignisse in Niederungsgebieten stellen eine wachsende Gefährdung dar. Die Entwässerung der Niederungen wird zusätzlich durch den Meeresspiegelanstieg, veränderte Tidendynamiken und Sturmflutwasserstände erschwert. Die Anforderungen an Retentionsräume werden sich daher insbesondere bei Sielsystemen erhöhen. Es werden vermehrt Schöpfwerke gebaut werden müssen, um eine Entwässerung der Niederungsgebiete weiterhin zu ermöglichen. Dies kann schwerwiegende ökologische Folgen haben, da beispielsweise freie Fischwanderungen ohne geeignete Maßnahmen wie Fischdurchgänge nicht mehr möglich sind.

In land- und forstwirtschaftlich genutzten Niederungen ist zu berücksichtigen, dass – neben der Entwässerungsproblematik – auch längere und häufigere Trockenperioden im Sommer Einschränkungen für bewässerungsintensive Nutzungen mit sich bringen können.

Foto: Peter Röhre



Klimaanpassungsmaßnahmen

- Anpassung der Flächennutzung
- Rückhalt von Abfluss in oberliegenden Einzugsgebieten
- Neubau und Ausbau von Schöpfwerken
- Neubau und Ausbau von Speicherbecken

Praxisbeispiele im Bericht

- 12 ALNUS-Projekt (Ostseeraum)
- 13 Vorhaben „Siel Sommerloch-Steertloch – Umrüstung in ein Schöpfwerk“ (Nordseeraum)

Praxisbeispiel 12: Im Rahmen des ALNUS-Projektes wurde eine etwa 10 ha große wiedervernässte Moorfläche mit Erlen begründet, um dem Standort eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Landnutzungsform zu geben. Die Pflanzung fand in einigen Parzellen auf Kleinrabatten statt. Die auf den Rabatten stehenden Erlen zeigten nach 7 Standjahren einen deutlichen Wuchsvorsprung, da die Fläche nach erfolgter Wiedervernäsung dauerhaft nass war.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Meeresschutz

Betroffenheit

Das Meeresökosystem ist auf vielfältige Weise vom Klimawandel betroffen. Steigende Temperaturen führen beispielsweise zu Verschiebungen von Habitaten und einer neuen Artenzusammensetzung. Generell sind stabile, natürliche Ökosysteme resilienter, das heißt besser anpassungs- und widerstandsfähig gegenüber Klimaänderungen, als durch andere Einflussfaktoren bereits geschwächte Ökosysteme.

Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008/56/EG) hat zum Ziel, die Gesamtbelastung durch das menschliche Handeln auf ein Maß zu beschränken, das mit der Erreichung eines guten Umweltzustands vereinbar ist. Gleichzeitig soll die nachhaltige Nutzung von Gütern und Dienstleistungen des Meeres heute und durch die künftigen Generationen ermöglicht werden.

Neben einer Erfassung des Umweltzustands mittels Überwachungsprogrammen werden daher insbesondere Maßnahmen zur Verbesserung der Meeresumwelt auch unter Berücksichtigung des Klimawandels umgesetzt. Ein erheblicher Teil dieser Maßnahmen wird im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie durchgeführt, da der Haupteintrag vieler Nähr- und Schadstoffe in die Meere über die großen Flüsse erfolgt.

Foto: Ra Boe, CC-BY-SA-3.0 (de), <https://commons.wikimedia.org>



Klimaanpassungsmaßnahmen

- Verringerung von Schad- und Nährstoffeinträgen
- Einrichtung von marinen Schutzgebieten
- Regulierung/Reduktion von Ballastwasser-austausch
- Früherkennungssysteme für invasive Arten

Praxisbeispiele im Bericht

- 14 Strategie für das Wattenmeer 2100

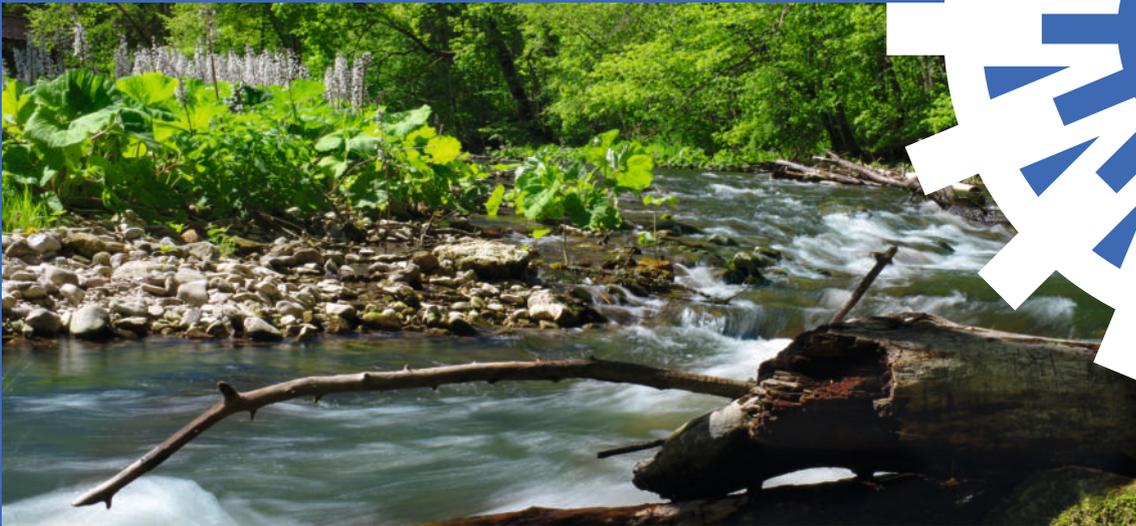
Praxisbeispiel 14:
In seiner Klima-Anpassungsstrategie für das Wattenmeer 2100 hat das Land Schleswig-Holstein gemeinsame Leitbilder und Entwicklungsziele formuliert.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Gewässerökosystemschutz

Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie haben das Ziel, einen guten Gewässerzustand zu erreichen oder zu erhalten. Mit diesen Maßnahmen wird auch die Resilienz der Gewässer gegenüber den Einflüssen des Klimawandels erhöht. Sie stellen daher einen wichtigen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel dar, der zu Veränderungen der Wassertemperatur, Wassermenge und der chemischen Zusammensetzung im Wasser führen kann.

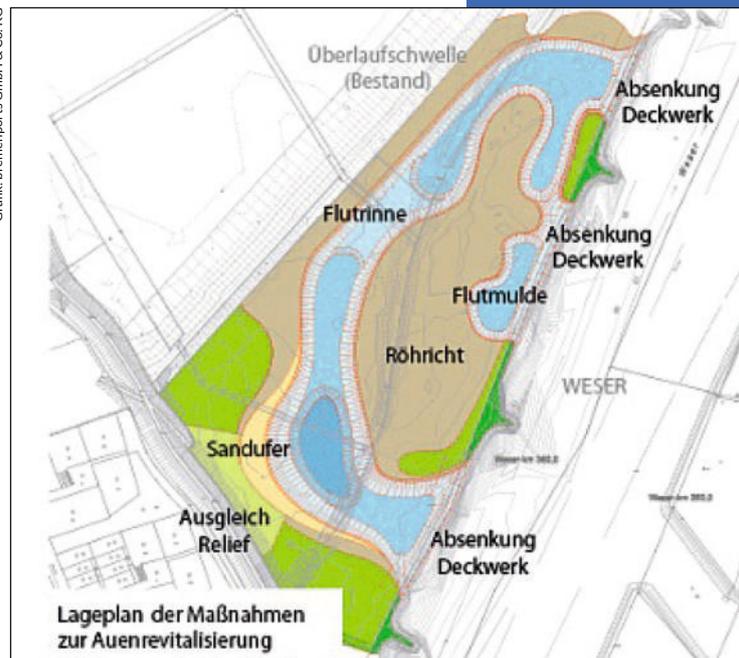
Betroffenheit

Besonders vom Klimawandel betroffen sind die kalten alpinen Gewässer, deren endemische Flora und Fauna kaum Anpassungsmöglichkeiten hat, wenn es zu Einschränkungen und Verlust von Lebensräumen kommt.

Auch an Flüssen, die in die Nord- und Ostsee münden, kann es zu Veränderungen durch den Meeresspiegelanstieg kommen. Um die Entwässerung der Niederungsgebiete weiterhin zu ermöglichen, werden vermutlich Schöpfwerke gebaut werden müssen, die die Durchwanderbarkeit für Fische stark beeinträchtigen, wenn keine geeigneten Maßnahmen wie Fischdurchgänge mit vorgesehen werden. Aufgrund von einer möglicherweise verstärkten Tidedynamik kann es eventuell zudem zu verstärktem

Stromauftransport von Schwebstoffen/Sedimenten kommen. In langsam fließenden Gewässern mit Rückstau und zusätzlichen Entnahmen wirken sich die Trockenperioden besonders kritisch auf die chemische und biologische Beschaffenheit aus. Es ist eine Aufkonzentration von Nähr- und Schadstoffen zu erwarten, die die aquatischen Lebensgemeinschaften schädigen können.

Grafik: bremenports GmbH & Co. KG



Lageplan der Maßnahmen zur Auenrevitalisierung

Praxisbeispiel 15:
Zur Auenrevitalisierung wurden an der Weser in Bremen-Habenhausen Bereiche des Deckwerks abgesenkt und Flutrinne sowie Überschwemmungsflächen mit einem naturnahen Sandufer geschaffen.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Klimaanpassungsmaßnahmen

Ähnlich wie im Handlungsfeld Meeresschutz zielen die Klimaanpassungsmaßnahmen im Handlungsfeld Gewässerökosystemschutz hauptsächlich auf die Stärkung und den Schutz des natürlichen Ökosystems ab, um die Resilienz gegenüber dem Klimawandel zu erhöhen.

Praxisbeispiel 17:
Durch die Dynamisierung der Donauauen wird ein Teil des Auwaldes regelmäßig bei kleineren Hochwassern überflutet.

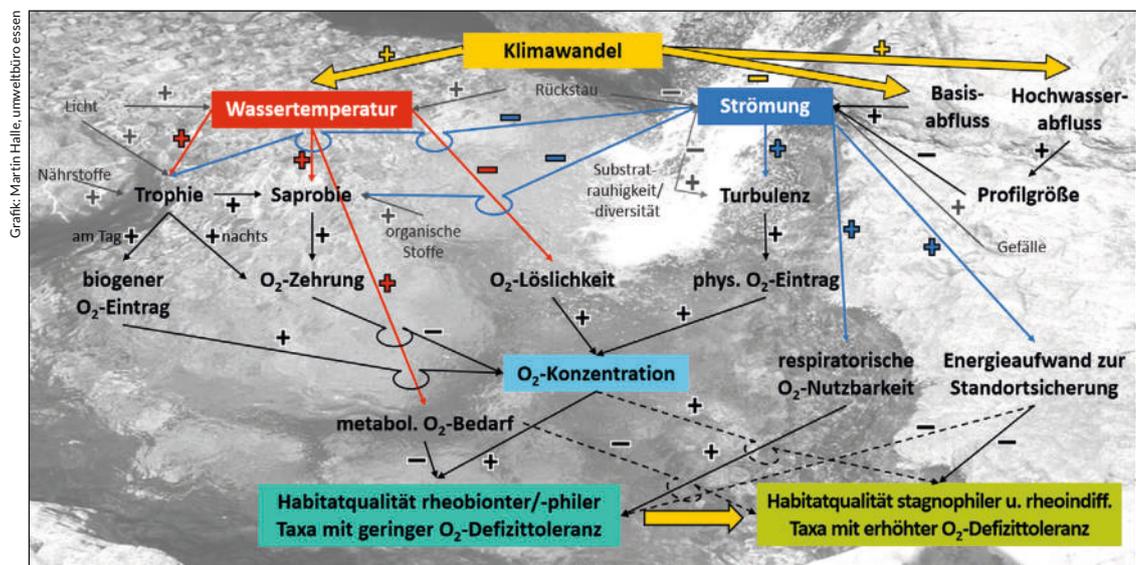


Foto: Sturraak, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org>

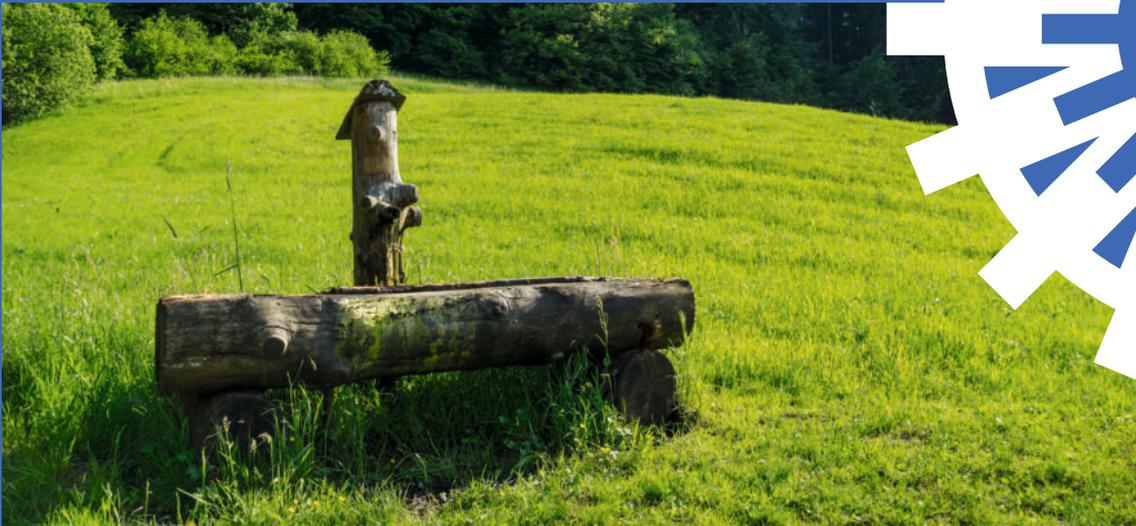
- Verbesserung der Durchgängigkeit von Fließgewässern
- Variation hydromorphologischer Strukturen
- Schutz und Entwicklung von Gewässerrandstreifen
- Anlage von Sedimentationsbarrieren
- Naturschonende Gewässerunterhaltung
- Erhalt und Ausweitung von Schutzgebieten
- Verringerung der diffusen Schad- und Nährstoffeinträge
- Anpassung von Entnahme- und Einleitungsgrenzwerten (Abflussmenge, -qualität, inklusive Wassertemperatur)
- Gewässerqualitätswarndienst
- Klimaspezifische Anpassung und Auswertung des Gewässermonitorings

Praxisbeispiele im Bericht

- 15 Auenrevitalisierung an der Weser
- 16 Naturnahe Umgestaltung des Röbbelsbach
- 17 Dynamisierung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt
- 18 KLIWA-IndexMZB: Monitoringverfahren zur Indikation biozönotischer Wirkungen des Klimawandels
- 19 Wärmelastplan Tideelbe



Praxisbeispiel 18:
Abschätzung des Klimawandeleinflusses auf die Fließgewässerqualität und Habitatbedingungen.



Grundwasserschutz und Grundwassernutzung

Der Klimawandel wird das Grundwasser in vielfältiger Weise beeinflussen. Grundwasserneubildung, Grundwasserdargebot und Grundwasserstände sowie Beschaffenheit und Temperatur des Grundwassers werden sich regional verändern. Zu erwarten ist auch eine stärkere Nutzung des Grundwassers in Trockenzeiten. Die Wasserwirtschaft muss sich auf zusätzliche Herausforderungen bei Schutz und Bewirtschaftung des Grundwassers einstellen. Dies gilt insbesondere für Regionen, in denen bereits heute Wasserversorgungsprobleme erkennbar sind.

Betroffenheit

Die Bandbreite möglicher Klimaeinflüsse auf das Grundwasser ist groß. Veränderungen der innerjährlichen Niederschlagsverteilung, eine Zunahme der Lufttemperatur sowie das häufigere Auftreten von Extremwetterereignissen können je nach Region und standortspezifischen Voraussetzungen sowohl zu einer Zu- als auch zu einer Abnahme von Grundwasserneubildung und -dargebot führen. Zu erwarten sind zudem zunehmend häufiger auftretende Niedrigst- und Höchstgrundwasserstände, Veränderungen von Quellschüttungen sowie Veränderungen der chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse im zunehmend wärmer werdenden oberflächennahen Grundwasser. Zunehmen kann auch

die Gefahr von Nährstoffeinträgen in das Grundwasser. Im küstennahen Grundwasser kann durch den Einfluss des Meeresspiegelanstiegs der Salzgehalt steigen.

Veränderungen des Grundwasserhaushaltes und der Grundwasserbeschaffenheit können weitreichende Konsequenzen für Mensch und Natur haben. Dies zeigen exemplarisch die folgenden Beispiele:



Praxisbeispiel 21: Wassergewinnungsanlage einer von 21 Gemeinden im südlichen Schwarzwald, die im Rahmen des Programms „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ (KLIMOPASS) hinsichtlich der Vulnerabilität ihrer Wasserversorgung untersucht wurde.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Praxisbeispiel 20:
Die Messstelle Hamminkeln ist eine von 6.330 Grundwassermessstellen in Nordrhein-Westfalen und Teil des landesweiten Klimafolgenmonitorings. Darin werden anhand von Indikatoren die Folgen des Klimawandels dokumentiert, um rechtzeitig und angemessen auf Veränderungen und Risiken reagieren zu können. Das Beispiel zeigt die fallende Tendenz des Grundwasserstands (GWS) im Sommer- und Winterhalbjahr sowie im Wasserwirtschaftsjahr (WWJ) im Zeitraum 1951 – 2015.

- **Stärkerer Nutzungsdruck auf das Grundwasserdargebot in Trockenzeiten**

Die Erfahrungen aus dem Jahr 2018 haben gezeigt, dass in heißen, trockenen Sommer der Wasserbedarf erheblich steigt. Dies gilt sowohl für die Versorgung mit Trinkwasser als auch für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen. Bei eingeschränkter Grundwasserverfügbarkeit könnten in Zukunft vermehrt vorübergehende regionale Nutzungskonflikte auftreten.

- **Vegetation/Ökologie**

Stark sinkende Grundwasserstände können grundwasserabhängige Landökosysteme (Feuchtgebiete, Moore) schädigen und dazu führen, dass selbst tiefwurzelnde Vegetation den Kontakt zum Grundwasser verliert.

- **Quellen**

In Phasen geringer Grundwasserneubildung können Quellen in ihrer Schüttung stark nachlassen. Dies gilt insbesondere für Quellen mit kleinerem Einzugsgebiet und kleineren lokalen Gewinnungsanlagen. Im Einzelfall ergeben sich hieraus lokale Versorgungsengepässe.

- **Gebäude und Infrastruktur**

Steigende beziehungsweise sehr hohe Grundwasserstände erhöhen die Gefahr von Kellervernässungen. Bei sinkenden Grundwasserständen können setzungsempfindliche Bodenschichten austrocknen. Daraus resultierende Bodensenkungen führen im Extremfall zu Setzungsschäden an Gebäuden, Verkehrswegen und Leitungssystemen.

- **Landwirtschaft**

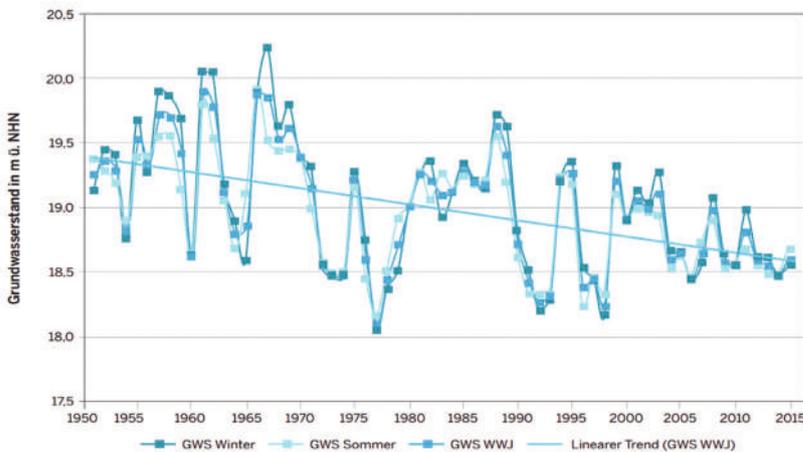
Die Anforderungen an die klimaangepasste landwirtschaftliche Bewirtschaftung steigen stetig. Längere Vegetationsphasen werden mehr Ernten und Fruchtfolgen ermöglichen. Damit einhergehen kann ein erhöhter Düngemiteinsatz. Sollten die zusätzlichen Nährstoffgaben während der Vegetationsphase aufgrund von dürrebedingten Wachstumsproblemen ungenutzt im Boden verbleiben, können sie in den nachfolgenden Wintermonaten in das Grundwasser ausgewaschen werden und sich dort anreichern.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Klimaspezifische Auswertung und Anpassung des Grundwassermonitorings
- Forcierung der grundwasserschonenden Landbewirtschaftung
- Landnutzungsänderungen
- Schutz von grundwasserabhängigen Landökosystemen
- Maßnahmen zur Förderung der Grundwasserneubildung
- Maßnahmen zur Erhöhung des Grundwasserdargebots
- Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung

Praxisbeispiele im Bericht

- 20 Grundwassermonitoring in Nordrhein-Westfalen
- 21 Klimopass: Vulnerabilitätsuntersuchungen von Wasserversorgungsunternehmen im südlichen Schwarzwald
- 22 Renaturierung von industriell abgetorften Hochmooren im Alpenvorland



Grafik: Fachbereich 37, LANUV NRW



Öffentliche Wasserversorgung

Die öffentliche Wasserversorgung ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge (§ 50 Abs. 1 WHG) und genießt damit eine Vorrangstellung vor anderen Wassernutzungen.

Betroffenheit

Aufgrund der Vorrangstellung der öffentlichen Wasserversorgung wird nicht davon ausgegangen, dass die Trinkwasserversorgung in Deutschland bei vermehrten Nutzungskonflikten großräumig und dauerhaft beeinträchtigt wird. Allerdings gibt es zahlreiche lokale und regionale Ausnahmen von dieser grundsätzlichen Aussage. Beispielsweise kann die Trinkwasserversorgung aus küstennahen Grundwasservorkommen durch Salzwasserintrusion gefährdet werden. Andernorts könnten bereits bestehende Nutzungskonflikte verschärft werden.

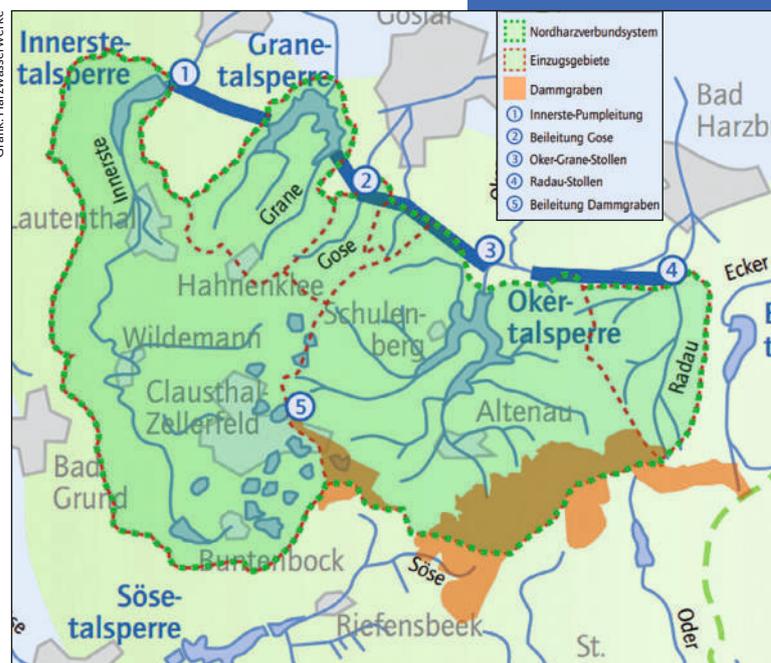
Der Großteil der öffentlichen Trinkwasserversorgung wird über Grundwasser gedeckt. Bei einer zukünftig reduzierten Grundwasserneubildung kann eine zumindest temporäre Verknappung des Trinkwassers daher nicht ausgeschlossen werden.

Besonders anfällig dürfte die Wasserversorgung auf Festgesteinsaquiferen oder auf Quellwasser aus kleinen oberflächennahen Einzugsgebieten

mit geringer Speicherkapazität sein. Des Weiteren kann der Klimawandel zu einer Verschlechterung der Wasserqualität führen:

- Bei einer jahreszeitlich veränderten Niederschlagsverteilung kann es zu erhöhten Stickstoffeinträgen in das Grundwasser und zu ansteigenden Nitratwerten in Brunnen kommen.

Gratik: Harzwasserwerke



Praxisbeispiel 23:
Die Granetalsperre ist über mehrere Stollen mit einem großen Einzugsgebiet verbunden und gewährleistet die Trinkwassergewinnung im Westharz. Im Rahmen der Neubewilligung für den Zeitraum 2018 – 2048 wurde der Betrieb an die neuen Herausforderungen angepasst.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



- Bei der Entnahme von Rohwasser aus Fließgewässern können während Niedrigwasserzeiten höhere Stoffkonzentrationen zu Wasserqualitätsproblemen führen.
- Bei extremen Hochwasserereignissen kann es zur Überstauung von Gewinnungsanlagen und somit zum Eintrag von belastetem Oberflächenwasser kommen.
- Besonders bei Starkregenereignissen steigt die Eintragswahrscheinlichkeit für wasserübertragbare Krankheitserreger und die Mobilisierung anderer Schadstoffe.

Für die Trinkwasserversorgung aus Seen und Talsperrern ergeben sich spezifische Herausforderungen hinsichtlich Qualität und Menge des verfügbaren Rohwassers. Beispielsweise führen erhöhte Lufttemperaturen zu einer Verstärkung des vertikalen Temperaturgradienten, was sich sensibel auf das See-Ökosystem auswirkt. Die Größe der Wasserschichten, aus denen Trinkwasser entnommen werden kann, nimmt möglicherweise ab.

Auch im Verteilnetz kann es durch erhöhte Luft- und Bodentemperaturen zu Einbußen der Wasserqualität kommen (durch Bakterienwachstum, Wiederverkeimung), was zusätzliche Aufbereitungsmaßnahmen nötig macht.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Klimawandelgerechte Wasserversorgungsplanung
- Redundante Wassergewinnungssysteme
- Anpassung der Wasserversorgungsinfrastruktur
- Regenwassernutzung
- Reduzierung des Wasserbedarfs
- Verbesserung der Wasserqualität im Leitungsnetz
- Weitergehende Trinkwasseraufbereitung
- Anpassungsmaßnahmen im Management

Praxisbeispiele im Bericht

- 23 Neubewilligungsverfahren Nordharzverbundsystem
- 24 Dynaklim-Pilotprojekt: Sichere Wasserversorgung im Klimawandel
- 25 Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasserwerk Potsdam Leipziger Straße

Foto: Urheber wünscht Anonymität



Praxisbeispiel 24:
Im Rahmen des Dynaklim-Pilotprojektes wurden Optionen zur Klimaanpassung für die Wasserversorgung im Ruhrgebiet geprüft.



Kühlwasser- verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit von Kühlwasser ist essentiell für konventionelle Wärmekraftwerke, Kernkraftwerke und Industrie. Bei Kühlwassermangel kann es zur Drosselung oder sogar zur Einstellung der Stromerzeugung oder industrieller Produktion kommen.

Betroffenheit

In Trockenperioden können sich Kühlwasserversorgungsengpässe aufgrund der geringen Wasserverfügbarkeit in Fließgewässern ergeben. Besonders anfällig sind abflussarme Gewässer, aus denen ein großer Anteil des Abflusses als Kühlwasser entnommen wird. Treten Niedrigwasserphasen zukünftig vermehrt oder länger auf, könnte es notwendig werden, die Kühlwasserentnahme häufiger einzuschränken. Die Kühlwasserentnahme muss auch bei hohen Wassertemperaturen eingeschränkt werden, damit eine weitere Erwärmung des Gewässers durch die Wiedereinleitung des verwendeten (aufgewärmten) Kühlwassers verhindert wird. Zudem senken höhere Wassertemperaturen die Effizienz des Kühlwassers, was den Kühlwasserbedarf zusätzlich erhöht. Die Auswirkungen von Kühlwassermangel hängen stark von der verwendeten Kühltechnologie ab. Treten Kühlwasserbeschränkungen nur aufgrund von hohen Wassertemperaturen auf, sind Kraftwerke mit Durchlaufkühlung

Foto: Jürgen Gerhardt



in der Regel deutlich stärker betroffen als solche mit Ablauf- oder Kreislaufkühlung. Ist jedoch primär ein geringer Abfluss der Grund für die Einschränkungen, so können Kraftwerke mit Ablauf- oder Kreislaufkühlung stärker betroffen sein.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Einrichtung von alternativen, weitgehend abflussunabhängigen Kühlverfahren
- Bau zusätzlicher Kühltürme
- Verstärkte Nutzung von abgegebener Restwärme
- Notfallpläne
- Abpufferung von Produktionsausfällen

Praxisbeispiele im Bericht

- 26 Wärmemodell Rhein
- 27 Projekt „Abwärme aus Produktionsprozessen der Mineralölraffinerie Oberrhein zum Heizen in Karlsruhe“

Praxisbeispiel 27:
Die Abwärme der Mineralölraffinerie Oberrhein wird der Fernwärmever-sorgung der Stadt Karlsruhe zugeführt.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Wasserkraft- nutzung

Betroffenheit

Die Stromproduktion aus Wasserkraft ist vom Klimawandel in erster Linie durch Veränderungen des Abflusses betroffen. Beim häufig diskutierten Szenario zunehmender Winterabflüsse und abnehmender Sommerabflüsse wäre entsprechend mit einer höheren Stromproduktion im Winter und einer geringeren im Sommer zu rechnen.

Die in Deutschland hauptsächlich genutzten Laufwasserkraftwerke sind für möglichst gleichmäßige Abflüsse ausgelegt. Abflussextrima (sowohl Niedrig- als auch Hochwasser), welche durch den Klimawandel verstärkt auftreten könnten, können die Produktion ganzjährig stark beeinträchtigen: Bei Niedrigwasser laufen die Turbinen in der Regel im Teillastbetrieb und weisen einen schlechten Wirkungsgrad auf. Weitere Ansprüche an das Gewässer wie die Bereitstellung der Restwassermenge (Mindestabfluss) oder eine ausreichende Beschickung von Fischaufstiegsanlagen können zudem zu Nutzungskonflikten führen. Bei Hochwasser bleibt der über den Ausbauabfluss hinausgehende Abflussanteil ungenutzt. Zusätzlich kann es durch eine Verringerung der Fallhöhe, Schwemmgut oder Schäden häufiger zu Einschränkungen der Produktivität oder Zusatzkosten kommen. Kraftwerke mit Speicher können die Auswirkungen extremer

Foto: Christian Bäck, TUM



Abflüsse durch eine angepasste Speichersteuerung zumindest abpuffern. Dafür sind Anlagen in alpinen Gebieten bei Hochwasserereignissen im Zuge von Hochwasserereignissen verstärkt durch Murgänge und Verklauung gefährdet.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Effizienzsteigerung
- Abflussausgleichende Maßnahmen
- Ökologische Wasserkraft
- Regionalisierung von Mittel- und Niedrigwasserkennwerten als Grundlage zur Abschätzung neuer Standorte
- Angepasstes Lastmanagement
- Investitionen in Energiespeichertechnologien

Praxisbeispiele im Bericht

- 28 Pilotanlage Schachtkraftwerk Großweil an der Loisach

Praxisbeispiel 28:
Die Pilotanlage Schachtkraftwerk Großweil soll hohe ökologische Auflagen erfüllen, ist geschützt vor Treibholz, ungefährdet durch Hochwasser und dennoch wirtschaftlich konkurrenzfähig.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Schiffbarkeit

Der Klimawandel wird spürbare Auswirkungen auf die Gewässersysteme in Deutschland und damit auch auf die Schiffbarkeit von Binnenwasserstraßen haben, die einen wichtigen Bestandteil der Infrastruktur und Logistik darstellt.

Betroffenheit

Binnenwasserstraßen sind auf eine lange Nutzungsdauer angelegt, weshalb schon heute die Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Abflussgeschehen in Planungsprozesse bei Unterhaltung und Ausbau einzubeziehen sind. Bei Niedrigwasser kann es an freifließenden Wasserstraßen zur Einschränkung der Schifffahrt kommen, was sich auf die Versorgungssicherheit der Bevölkerung auswirken und zu großen wirtschaftlichen Schäden in verschiedenen Wirtschaftssektoren führen kann. An stauregulierten Wasserstraßen ist hingegen nicht mit Einschränkungen der Schifffahrt zu rechnen, da die Abflussschwankungen sich nicht auf die Wasserstände auswirken. Bei Hochwasser wird die Schiffbarkeit durch die Durchfahrtshöhen der Brücken, die Manövrierbarkeit oder eine zusätzliche Gefahr durch Treibgut beeinflusst. Beim Überschreiten des höchsten schiffbaren Wasserstands wird die Schifffahrt eingestellt. Schifffahrtsbehindernder Eisgang und Eisbildung sind dagegen im Zuge des Klimawandels seltener zu erwarten.



Klimaanpassungsmaßnahmen

- Anpassung von operativen Maßnahmen
- Verbesserung der Informationsbereitstellung (zum Beispiel Wasserstandsvorhersage, Tiefeninformationen)
- Anpassung der Wasserbewirtschaftung
- Anpassung der Wasserstraßeninfrastruktur
- Neu- und Umbau niedrigwassergeeigneter Schiffe
- Anpassung der Logistikkonzepte (zum Beispiel Lagerkapazitäten)

Praxisbeispiele im Bericht

- 29 BMVI-Projekte 2009-2019
- 30 Ersatzneubau der Schleusenammer Nord in Wanne-Eickel als Sparschleuse
- 31 Untersuchungen zur Wasserbewirtschaftung des Nord-Ostsee-Kanals in kritischen Situationen unter Klimawandel

Praxisbeispiel 31: Unter bestimmten Westwindwetterlagen ist die Entwässerung des Nord-Ostsee-Kanals eingeschränkt. Im Projekt wird untersucht, wie die Entwässerungsstrategie an den Klimawandel angepasst werden muss um weiterhin eine sichere und leichte Schifffahrt zu gewährleisten.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Wasserentnahme zur Bewässerung in der Landwirtschaft

Betroffenheit

Wärmere und trockenere Sommer führen zu einer Zunahme der Verdunstung und einer Verringerung des zur Verfügung stehenden Wassers. Vor allem auf grundwasserfernen Böden und Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität können niedrigere pflanzenverfügbare Bodenwassergehalte und ein häufigeres Unterschreiten des Welkepunktes folgen.

Zudem kann es durch eine Veränderung der Bodeneigenschaften infolge des Klimawandels und damit verbundenen Wirkungen (Verminderung der Gefügestabilität, Bodenverdichtung und Bodenabtrag) auch zu weiteren indirekten Einflüssen auf den Bodenwassergehalt kommen.

Ein Rückgang der Bodenfeuchte im Sommerhalbjahr führt während der Vegetationsphase zu Trockenstress und Produktionsrückgängen in der Landwirtschaft. Von Trockenstress dürften zahlreiche regional über ganz Deutschland verteilte Standorte mit heute schon ungünstiger klimatischer Wasserbilanz oder flachgründigen, sandigen oder tonigen Böden betroffen sein.

Extremere und häufigere Trockenphasen können in der Landwirtschaft prinzipiell durch eine Ausweitung und Anpassung der Bewässerung kompensiert werden. Hierfür existieren jedoch häufig finanzielle und rechtliche Einschränkungen. Die Anwendung von wassersparenden Produktions- und Bewässerungstechniken und die Anlage von

Foto: Urheberwünscht Anonymität



Praxisbeispiel 32: Im Rahmen mehrjähriger Praxistests wurden Sorten auf ihre Anpassungsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel (zum Beispiel gegenüber Hitze und Wassermangel) überprüft, hier: Winterweizen im On-Farm-Versuch bei einem landwirtschaftlichen Betrieb in Brandenburg.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Wasserspeichern können hier Lösungen anbieten. Eine Alternative zur Bewässerung kann die Veränderung des angebauten Arten- und Sortenspektrums sowie eine veränderte Bodenbearbeitung sein.

Bei regional steigendem Bewässerungsbedarf und gleichzeitig möglicherweise sinkenden sommerlichen Grundwasserständen können Nutzungskonflikte mit der Trinkwasserversorgung auftreten. Bei der Entnahme von Beregnungswasser aus Oberflächengewässern muss sichergestellt werden, dass negative Auswirkungen vor allem auf die Gewässerökologie des genutzten Gewässers ausgeschlossen werden.

Ein zukünftig höherer Wasserverbrauch von Pflanzen und eine erhöhte Verdunstung infolge höherer Temperaturen führt zudem zur Versalzung stark bewässerter Flächen in subkontinental geprägten Regionen Ostdeutschlands, die heute bereits ausgeprägter Sommertrockenheit ausgesetzt sind.

Aufgrund steigender Lufttemperaturen infolge des Klimawandels ist neben der mengenmäßigen Veränderung des Bewässerungsbedarfs auch mit einer weiteren Verfrühung von Wachstumsphasen zu rechnen. Dadurch können sich auch die

bislang geltenden Zeitpunkte der Bewässerungserfordernisse ändern. Solche Veränderungen sind aber von den angepflanzten Kulturen abhängig.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Bodenschutz/Erosionsschutz
- Konservierende Bodenbearbeitung
- Humusanreicherung
- Anpassungen im Anbau
- Effizienz der Bewässerung
- Substitution von Grundwasser
- Organisatorische Anpassungen in der Landwirtschaft
- Vorhersage/Informationen

Praxisbeispiele im Bericht

- 32 Handlungsfeld Wasserentnahme zur Bewässerung in der Landwirtschaft: Sortenstrategien bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zur Anpassung an den Klimawandel
- 33 Handlungsfeld Wasserentnahme zur Bewässerung in der Landwirtschaft: „Aquarius – Dem Wasser kluge Wege ebnen“

Foto: juerginjo, www.shutterstock.com



Praxisbeispiel 33:
In der Lüneburger Heide wurden praktische Feldversuche zur optimierten Wassernutzung in der landwirtschaftlichen Bewässerung durchgeführt. Zentrale Fragen waren:

- Bestimmungsfaktoren des künftigen Beregnungsbedarfs,
- zu erwartende Auswirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt,
- Möglichkeiten des Wasserrückhalts.



Talsperren- und Speichermanagement

Talsperren und Speicher sind vielfältig durch den Klimawandel betroffen. Durch ihre lange Nutzungs- und Lebensdauer ist davon auszugehen, dass Anlagen auch noch von sehr langfristigen Klimaänderungen betroffen sein werden, was bei Anlagen in Planung aber auch bei existierenden Anlagen berücksichtigt werden muss.

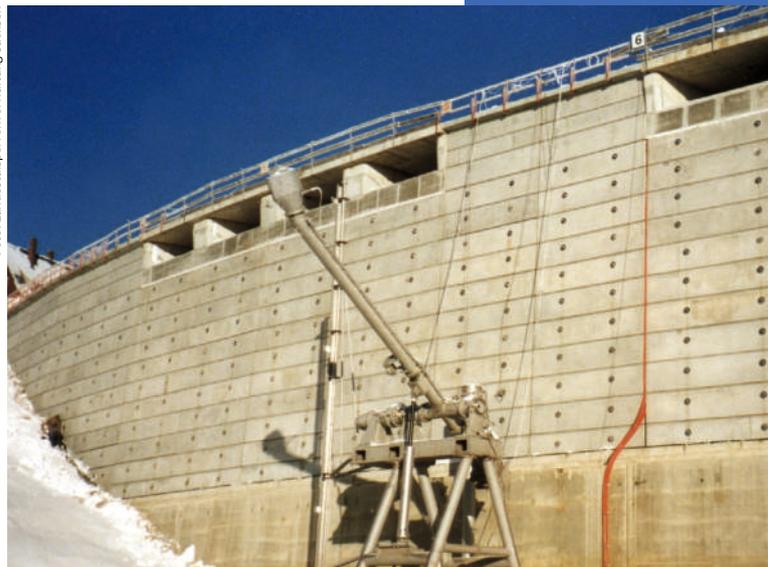
Betroffenheit

Der Klimawandel wirkt sich auf Talsperren und Speicher durch Änderungen des Zuflussregimes aus. In den Sommermonaten können Trockenphasen häufiger und länger werden, wodurch sich die Anforderungen an die Wasserbereitstellung erhöhen. Der Hochwasserschutz wird temporär durch ein vermehrtes Auftreten von Hochwasser und Starkregen stärker gefordert. Die veränderten Anforderungen können zu stärker variierenden Füllständen führen, sodass Stau- und Absenkziele temporär nicht mehr eingehalten werden. Außerdem nehmen Nutzungskonflikte zu.

Aktuell monofunktionale Anlagen könnten zukünftig mehrere Aufgaben erhalten. Die gesamten Randbedingungen einer Anlage ändern sich dabei. Dies führt gegebenenfalls dazu, dass der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum, die

Dimensionierung der Hochwasserentlastungsanlage und die Auslässe anzupassen sind. Gegenwärtig wird aber nicht davon ausgegangen, dass die Sicherheit von Talsperren durch veränderte Hochwasserbemessungsereignisse gefährdet wird. Darüber hinaus beeinflussen die veränderte Lufttemperatur, die Strahlungsenergie und die Windverhältnisse die physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse des stehenden Gewässers.

Foto: Landestalsperrenverwaltung Sachsen



Praxisbeispiel 35:
Als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel wurde in der Talsperre Carlsfeld im Rahmen einer Sanierung eine höhenverstellbare Rohwasserentlastungsanlage gebaut. So kann auf Änderungen der Wasserqualität besser reagiert werden.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



Für die wichtige Funktion der Wasserbereitstellung durch Talsperren können sich Einschränkungen der Rohwasserqualität durch verschiedene Auswirkungen des Klimawandels ergeben:

- In erosionsgefährdeten Gebieten ist mit zunehmenden Sedimenteinträgen in Talsperren zu rechnen.
- Bei sommerlichen Starkregenereignissen kann es zum Eintrag von Partikeln und Nährstoffen kommen, welche die Phytoplanktonproduktion erhöhen.
- Erhöhte Lufttemperaturen verlängern die Sommerstagnation.

Als Folge kann der Aufwand für die Rohwasseraufbereitung zu Trinkwasser zunehmen.

Die verschiedenen Veränderungen führen zu einer höheren Beanspruchung der Bauwerke und Bauteile und nehmen auf die Gebrauchstauglichkeit oder in Ausnahmefällen auf die Tragfähigkeit Einfluss. Neben der Betroffenheit durch den Klimawandel haben Talsperren und Speicher durch ihre Regulierungs- und Speicherfunktionen aber auch das Potential, ungünstige Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt abzupuffern und werden deshalb an Bedeutung zunehmen.

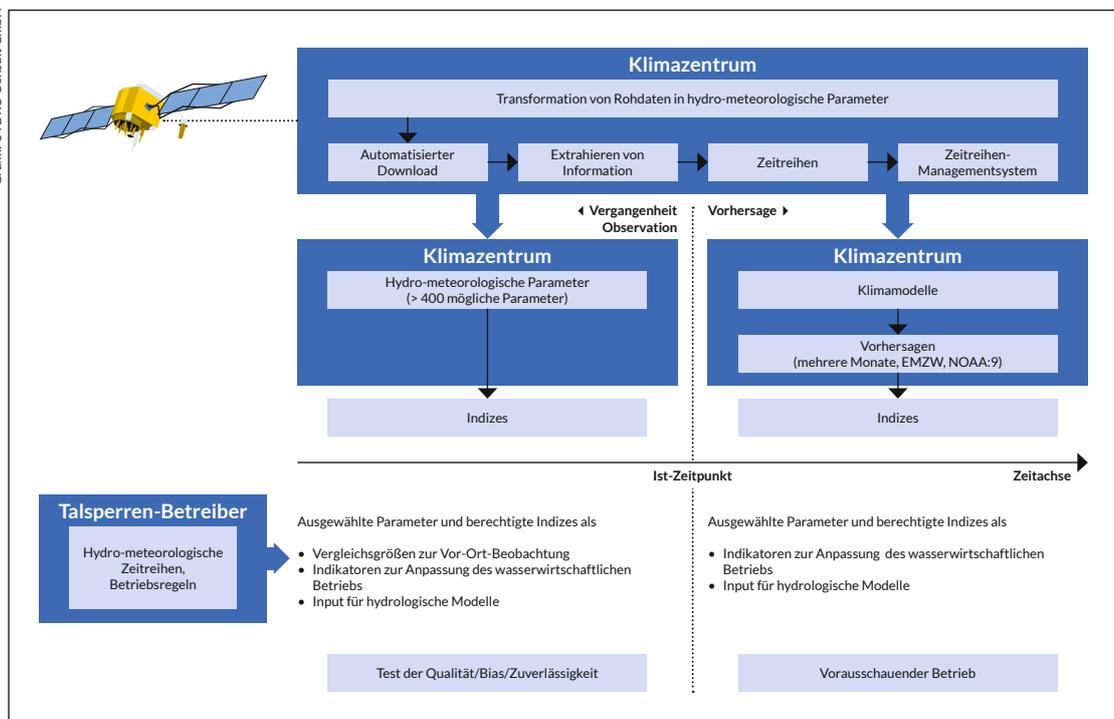
Klimaanpassungsmaßnahmen

- Überprüfung und bauliche Optimierung bestehender Anlagen
- Sediment- und Treibgutmanagement unter sich ändernden klimatischen Bedingungen
- Adaptives Talsperrenmanagement
- Maßnahmen zur Sicherung der Wasserqualität
- Konsequente Verbundbewirtschaftung mehrerer Anlagen
- Sicherung weiterer Standorte für Talsperren/Neubau

Praxisbeispiele im Bericht

- 34 Handlungsfeld Talsperren- und Speichermanagement: „TASK – Talsperren Anpassungsstrategie Klimawandel“
- 35 Talsperre Carlsfeld – Umleitung für huminstoffbelastetes Wasser und variable Rohwasserentnahme
- 36 Optimierte Speicherbewirtschaftung der Edertalsperre

Grafik: SYDRO Consult GmbH



Praxisbeispiel 34: In TASK werden die Daten und Erfahrungen verschiedener Talsperrenbetreiber analysiert und daraus ein übergeordneter Handlungsrahmen mit einem dynamischen Betriebsregelkonzept erarbeitet.



Niedrigwasser- management

Betroffenheit

Kommt es zu Niedrigwassersituationen, ist die Wasserverfügbarkeit und häufig auch die Wasserqualität (Stoffkonzentrationen, Wassertemperaturen) des Fließgewässers eingeschränkt.

Während Niedrigwassersituationen kommen der Quantität und der Qualität von Einleitungen (zum Beispiel aus Kläranlagen) und Überleitungen (zum Beispiel zur Niedrigwasseraufhöhung) daher eine große Bedeutung zu. Beispielsweise können Kläranlageneinleitungen in Trockenzeiten einen signifikanten Anteil des Abflusses ausmachen und somit bei entsprechender Qualität eine kontinuierliche Stützung des Abflusses bewirken. Andererseits kann es auch zu Wasserqualitätsproblemen kommen, da das Abwasser anhand des natürlichen Abflusses nicht optimal verdünnt wird.

Häufig treten Niedrigwassersituationen gleichzeitig mit steigendem Wasserbedarf auf, wodurch sich Nutzungskonflikte hinsichtlich der Wassermenge ergeben können. Das (zukünftige) Auftreten von Niedrigwasser beeinflusst zudem viele andere Handlungsfelder (zum Beispiel Kühlwasserverfügbarkeit, Schifffahrt, Bewässerung, Tourismus) auf komplexe Art und Weise. In den LAWA Leitlinien für ein nachhaltiges Niedrigwassermanagement werden Strategien und

Foto: Regierung von Unterfranken



Leitsätze für Planungs- und Wasserwirtschaftsbehörden angeboten, um solche Konfliktsituationen langfristig bewältigen zu können.

Klimaanpassungsmaßnahmen

- Niedrigwasser- und Temperaturvorhersage
- Bewirtschaftungspläne mit Maßnahmen für den Fall der Unterschreitung bestimmter Abflussschwellenwerte
- Nutzungsbeschränkungen
- Maßnahmen zur Sicherung der Wasserqualität
- Belüftung
- Niedrigwasseraufhöhung
- Schaffung von Speicherkapazitäten
- Förderung von natürlichem Wasserrückhalt

Praxisbeispiele im Bericht

- 37 Pilotprojekt „Niedrigwassermanagement in der Bergtheimer Mulde“
- 38 Alarmplan für den bayerischen, staugeregelten Main – Gewässerökologie

Praxisbeispiel 37: In der Bergtheimer Mulde im Norden Bayerns wird in einigen Gebieten ein Großteil der Grundwasserentnahmen für die Bewässerung landwirtschaftlicher Sonderkulturen verwendet und im Rahmen des Projekts eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung entwickelt.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“





Strategische Handlungsfelder

Wasserwirtschaftliche Klimaanpassungsmaßnahmen müssen mit allen wasserwirtschaftlichen Grundlagen verknüpft und kontinuierlich weiterentwickelt werden. Dies erfordert ein langfristig geplantes, strukturiertes Vorgehen, wofür die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) einen zyklischen Ansatz vorschlägt (siehe Abbildung beziehungsweise Detailbeschreibungen auf der Rückseite).

DAS-Angebote des Bundes

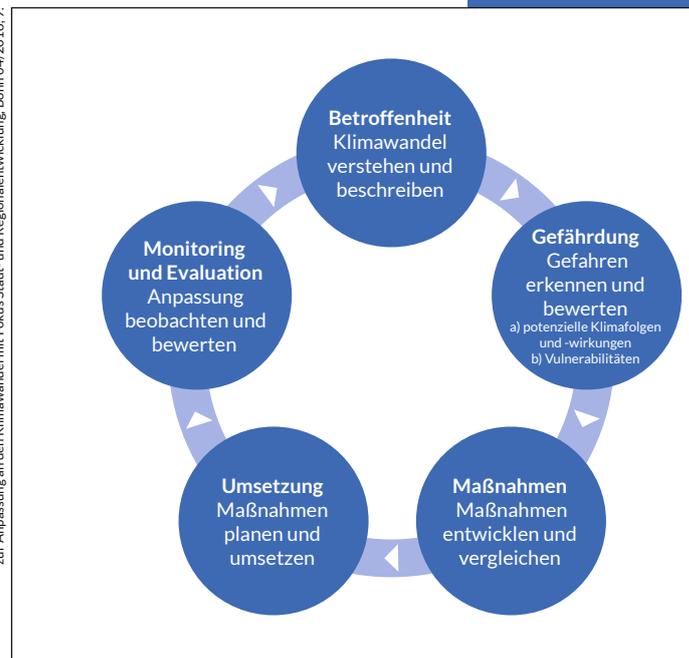
Im Rahmen der DAS etabliert der Bund ein unterstützendes Angebot an die Bundesländer und Kommunen. Dazu gehören die folgenden forschungsbasierten Methoden und Werkzeuge zur Identifizierung der Auswirkungen des Klimawandels sowie zur Ableitung von Klimaanpassungsmaßnahmen:

- Ein Monitoringsystem, das anhand von Indikatoren für die 15 Handlungsfelder der DAS die Klimawirkungen und Effekte durch Anpassungsmaßnahmen abbildet.
- Eine deutschlandweite und nach einheitlicher Methodik erarbeitete Klimawirkungs- und Risikoanalyse, die zukünftige Klimawirkungen zu acht wasserwirtschaftlichen Fragestellungen zeigt und Hinweise zum Handlungsbedarf gibt.

- Das deutsche Klimavorsorgeportal für Klimadienste und Dienste zur Unterstützung der Anpassung an den Klimawandel (klivoportal.de), das laufend ergänzt und aktualisiert wird.

Der zyklische Ansatz der DAS gemäß obiger Abbildung umfasst folgende fünf Bausteine:

Quelle: nach BBSR (2016): Querauswertungen zentraler Verbundvorhaben des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel mit Fokus Stadt- und Regionalentwicklung, Bonn 04/2016, 9.



Der zyklische Ansatz der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel umfasst fünf Bausteine.



LAWA-AK

BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER
STÄNDIGER AUSSCHUSS „KLIMAWANDEL“



1. Betroffenheit

Klimawandel verstehen und beschreiben

- Monitoring aufrechterhalten und ausbauen
- Monitoring auf Basis vorhandener Systeme weiterentwickeln
- Bestehende Monitoringprogramme vergleichbar machen und Synergien nutzen
- Wasserwirtschaftliche Indikatoren identifizieren
- Vorhandene Messreihen auswerten
- Wasser- und Wärmehaushaltsmodelle weiterentwickeln
- Verfügbarkeit und Auswertbarkeit von Daten gewährleisten
- Öffentlichkeitsarbeit ausbauen

2. Gefährdung

Gefahren erkennen und bewerten

- Vulnerabilität abschätzen
- Bandbreiten abschätzen und Ensemble-technik nutzen
- Realistische Zeiträume betrachten
- Anpassungsmaßnahmen nach Betroffenheit priorisieren
- Einheitliche Grundlagen verwenden

3. Maßnahmen

Maßnahmen entwickeln und vergleichen

- Flexible Lösungen bevorzugen
- Klimarobustheit prüfen und Klimacheck durchführen
- Synergien zu anderen Strategien nutzen
- Flussgebietsbezogene Betrachtungen und Bewirtschaftungspläne nutzen

4. Umsetzung

Maßnahmen planen und umsetzen

- Zielkonflikte beachten
- Berücksichtigung von Extremszenarien erwägen
- Warn- und Alarmdienste kontinuierlich weiterentwickeln
- Kommunikation und Sensibilisierung verstärken

5. Monitoring und Evaluation

Anpassung beobachten und bewerten

- Überprüfungszyklen etablieren
- Methoden verbessern und Bemessungsverfahren weiterentwickeln
- Klimamodelle weiterentwickeln
- Erfahrungen austauschen

Zielkonflikte

Zielkonflikte bei Klimaanpassungsmaßnahmen berücksichtigen

Zielkonflikte zwischen Klimaschutz, Klimaanpassung und verschiedenen Handlungsfeldern bestehen im Allgemeinen dort, wo sich positiv wirkende Klimaanpassungsmaßnahmen in einem Bereich nachteilig oder einschränkend auf einen anderen Bereich auswirken. Somit ist bei der Planung von Klimaanpassungsmaßnahmen ein rechtzeitiges Erkennen potentieller Zielkonflikte für eine umfassende und nachhaltige Lösung essenziell.

Folgende Zielkonflikte sind möglich und werden im LAWA Klimawandel-Bericht 2020, zum Teil mit expliziten Beispielen, beschrieben:

- Flutpolder/Auenanbindung ↔ Land- und Forstwirtschaft
- Wassererosion und Verdichtung des Bodens ↔ Land- und Forstwirtschaft
- Begrenzte Wasserressourcen ↔ Bewässerung
- Abwassernutzung zur Bewässerung ↔ Grundwasserqualität
- Fischerei ↔ Wasserdargebot
- Oberflächengewässer-/Grundwasserschutz ↔ erneuerbare Energien (Biomasse, Wasserkraft), Erdgasförderung durch Fracking und Geothermie
- Begrenzte Wasserressourcen ↔ künstliche Beschneidung
- Biologische Belastungen ↔ Badetourismus und Freizeitschifffahrt
- Indirekte Konflikte durch die Globalisierung, das heißt Konflikte um Wasser, welches für den globalen Güterimport und -export gebraucht wird