



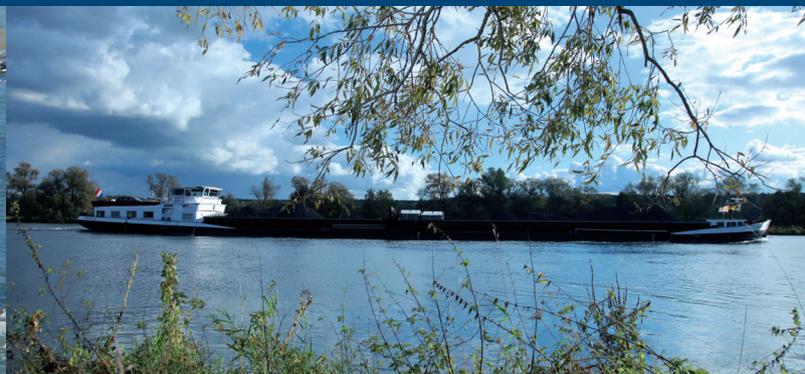
Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung

# Die Zukunft von Wasserstraßen und Schifffahrt gestalten in Zeiten des Klimawandels

## Wie passen wir uns an?

Fachliche Schlussfolgerungen des BMVBS aus den vorläufigen Ergebnissen  
des Forschungsprogramms KLIWAS für die 3. KLIWAS-Statuskonferenz  
12./13. November 2013 im BMVBS, Berlin

Ein Beitrag zur Deutschen Anpassungsstrategie (DAS)





# Inhalt

Vorwort .....	3
Einführung .....	5
Aktuelles aus der internationalen Klimaforschung .....	6
Eine neue Beratungsqualität .....	7
Zusammenfassende fachliche Schlussfolgerungen des BMVBS .....	8
Rhein .....	9
Elbe .....	10
Donau .....	11
Binnenbereich überregional .....	11
Küstenbereich und Ästuar .....	12
Ausblick .....	14



# Vorwort

Der Klimawandel ist ein wichtiges und hoch aktuelles Thema und wird es auch zukünftig bleiben. Extremwetterereignisse wie das Hochwasser an Elbe und Donau im Juni dieses Jahres und die damit verbundenen Schäden geben Anlass, die Klimaentwicklung sorgsam zu beobachten und unsere Infrastruktur daran anzupassen. Es gilt aber auch die nicht von dramatisch spürbaren Ereignissen gekennzeichneten, dafür aber stetigen Entwicklungen der Erderwärmung und deren Folgen verstärkt in den Blick zu nehmen. Dabei gilt es neben den Anstrengungen zur Minderung der Treibhausgasemissionen auch geeignete Maßnahmen zur Anpassung an unvermeidbare Auswirkungen zu ergreifen und die dazu bestehenden Wissenslücken zu schließen. Das fordert auch die im April diesen Jahres verabschiedete Europäische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel sowie die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS, 2008) und der damit verbundene Aktionsplan der Bundesregierung (APA, 2011).



Aufgrund der Tatsache, dass sich bereits Auswirkungen des Klimawandels an den Meeres-, Küsten- und Binnengewässern zeigen, die Einfluss auf Schifffahrt und Wasserstraße haben können, hat das BMVBS seine Forschungseinrichtungen, die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und den Deutschen Wetterdienst (DWD), im Jahr 2008 mit dem Forschungsprogramm KLIWAS (2009 – 2013) beauftragt. KLIWAS befindet sich nun auf der Zielgeraden und hat über die letzten 5 Jahre in Kooperation mit zahlreichen namhaften wissenschaftlichen Einrichtungen aus dem In- und Ausland und einem engagierten wissenschaftlichen Beirat einen spannenden Weg zurückgelegt, der großes Interesse und Anerkennung gefunden hat. Die Beteiligung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung sowie der Interessenvertreter rund um die Wasserstraßen hat für den notwendigen Anwendungsbezug gesorgt. Es sind über die letzten 5 Jahre wertvolle wissenschaftliche Ergebnisse und Methoden erarbeitet worden, die sukzessive in das operative Handeln an den Wasserstraßen einfließen, akzeptiertes anwendungsorientiertes Fachwissen als Grundlage für Handlungsstrategien bereitstellen und eine qualifizierte Politikberatung gewährleisten. Dafür möchte ich allen Beteiligten herzlich danken.

Nach Beendigung aller wissenschaftlichen Arbeiten bis zum Jahresende 2013 wird die abschließende wissenschaftliche Ergebnisdokumentation von KLIWAS Mitte 2014 vorliegen.

Ich freue mich, dass wir Ihnen anlässlich der dritten und letzten KLIWAS-Statuskonferenz am 12./13.11.2013 mit dieser Kurzbroschüre einen ersten zusammenfassenden Eindruck aus Sicht des BMVBS von den bislang vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnissen vermitteln können.

Michael Odenwald

Staatssekretär im Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung



# Einführung

Im September 2008 erteilte das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) seinen vier Ressortforschungseinrichtungen Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und Deutscher Wetterdienst (DWD) den Auftrag, von 2009 bis 2013 das Forschungsprogramm „KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland“ durchzuführen. KLIWAS wurde damit zu einem ersten und wichtigen Baustein der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, 2008) und dem deutschen Aktionsplan Anpassung (APA, 2011).

Auslöser für die Forschungsaktivitäten des BMVBS war das Erfordernis, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässersysteme in Deutschland und damit auf den Verkehrsträger Schiff/Wasserstraße wissenschaftlich belastbar zu erfassen, um rechtzeitig Vorkehrungen treffen zu können, die die Zuverlässigkeit des Verkehrsträgers gewährleisten. So wurde nach dem Elbehochwasser 2002 und den ausgeprägten Niedrigwasserphasen im Sommer 2003 in Öffentlichkeit, Medien und in der von der Schifffahrt abhängigen Industrie am Rhein die Frage gestellt, ob die Zuverlässigkeit des Verkehrsträgers Wasserstraße in Deutschland zukünftig noch gegeben sein wird. Das Hochwasser im Juni 2013 hat den Forschungs- und Handlungsbedarf über die Laufzeit von KLIWAS hinaus auch für andere gesellschaftliche Handlungsfelder noch einmal bekräftigt.

Folgende Fragestellungen haben u. a. zur Formulierung des Auftrags an KLIWAS beigetragen:

- Wie wird die Schiffbarkeit der Binnenwasserstraßen durch veränderte Abflussverhältnisse betroffen sein?
- Welche Auswirkungen haben diese Veränderungen auf die Transportleistung und die Transportkosten?
- Was sind die Auswirkungen klimabedingter physikalischer Veränderungen auf Seeschifffahrt, Küsten und Meeresnutzungen?
- Wird die Nutzbarkeit der Zufahrten zu den deutschen Seehäfen durch häufigeres Eintreten von Stürmen und Sturmfluten erschwert?
- Weitere Fragestellungen betreffen die Sedimentdynamik in See- und Binnengewässern. Werden sich Schadstoffe anders verteilen? Müssen Baggerstrategien und Unterhaltungskonzepte angepasst werden? Müssen die Strombaukonzepte in den Ästuaren verändert werden?
- In welchem Maß sind ökologische Schutzgüter, Vegetation und Fauna in und an Wasserstraßen betroffen? Wie könnte dem begegnet werden?
- Wie verhält sich künftig die Erosion an den Ufern, Deckwerken, Unterwasserböschungen und in den Vorländern?
- Sind erhöhte Belastungen von Kajen, Schleusen oder auch Sperrwerken zu erwarten?
- Werden Veränderungen der durch Seegang induzierten Belastungen auf Seezeichen, Seeschiffe, Offshore-Konstruktionen, Küsten- und Küstenschutzbauwerke, Hafenanlagen sowie Bauwerke im Strom eintreten?
- Welche Anpassungsmaßnahmen können in Erwägung gezogen werden?

Im Vorlauf von KLIWAS hatte das BMVBS zunächst in einer Bestandsaufnahme „Schifffahrt und Wasserstraßen in Deutschland – Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels“ (BMVBS, 2007) den wissenschaftlichen Kenntnisstand aufbereitet und dokumentiert. Auf dieser Grundlage wurde im Jahr 2007 ein Vorläuferprogramm zu KLIWAS für den Rhein gestartet. Mit den dadurch gewonnenen Erkenntnissen konnte das Forschungsprogramm KLIWAS in seinem methodischen Ansatz ausgereift und im Jahr 2009 in Gang gesetzt werden. Neben dem Rhein wurden die Elbe, die Donau und die Küstengewässer (Nordsee) als Untersuchungsgebiete mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten einbezogen.

Die nachfolgenden Aussagen basieren auf der zur 3. Statuskonferenz vorgelegten vorläufigen Zusammenstellung ausgewählter KLIWAS-Ergebnisse (Tagungsunterlage „KLIWAS Kompakt“, Forschungsstand Sommer 2013). Sie geben einen Einblick in die im Jahr 2014 vorgesehene abschließende KLIWAS-Gesamtdokumentation. Die Schlussfolgerungen gliedern sich auf in übergeordnete und überregionale Aspekte sowie in Aussagen zu bestimmten Regionen bzw. Gewässersystemen.

# Aktuelles aus der internationalen Klimaforschung

Der aktuelle internationale Stand der Wissenschaft bestätigt den Anstieg der globalen Mitteltemperatur in der unteren Erdatmosphäre. Jedes der drei vergangenen Jahrzehnte war wärmer als alle vorhergehenden seit 1850. In der Nordhemisphäre war die letzte 30-jährige Periode (von 1983 bis 2012) die wärmste seit 1400 Jahren. Die Arktis hat sich seit Mitte des 20. Jahrhunderts besonders stark erwärmt. Es muss mit einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur von mindestens 1,5 °C bis 2 °C bis Ende des Jahrhunderts und darüber hinaus gegenüber dem Zeitraum 1850 - 1900 gerechnet werden. Diese Entwicklung geht einher mit einer kontinuierlichen Erhöhung der Konzentrationen an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan und Stickoxiden in der Atmosphäre. Der signifikante CO<sub>2</sub>-Anstieg um 40 % seit der vorindustriellen Zeit wird auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt und primär mit der Verbrennung von fossilen Rohstoffen sowie sekundär mit einer intensivierten Landnutzung begründet.

Weltweit werden Auswirkungen der globalen Klimaänderung beobachtet oder für die nahe Zukunft vorhergesagt. Dazu gehören zum Beispiel:

- Die zunehmende Erwärmung der Ozeane und deren Versauerung (durch CO<sub>2</sub>-Aufnahme). So hat sich die Oberflächentemperatur der Nordsee seit 1970 weiter um ca. 1 °C erhöht.

- Das Abschmelzen von polaren Eismassen und Gletschern sowie die Abnahme der Schneedecke.
- Der kontinuierliche Anstieg des globalen mittleren Meeresspiegels, der in den letzten 100 Jahren mit 19 cm und im letzten Jahrzehnt mit ca. 3,2 mm/Jahr größer war als in den vorangegangenen zwei Jahrtausenden.
- Eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität von extremen Wetterlagen, die sich auch in Hitzerekorden, Starkniederschlägen und extremen Hoch- und Niedrigwasserereignissen der Flüsse ausdrückt.
- Veränderungen des Verhaltens und Auftretens von Flora und Fauna. So tritt z. B. der Start des Pollenflugs der Gräser in Süddeutschland heute verglichen mit 1988 um 20 Tage früher auf und endet auch später. Insgesamt hat sich die Pollenflugsaison um ca. 24 Tage verlängert. Die Blüte bei Hasel und Äpfeln beginnt in Nordrhein-Westfalen heute bis zu 20 Tage früher im Vergleich zu 1950.

Die internationale Wissenschaftsgemeinschaft ist der Auffassung, dass sich die Beweislage für den menschlichen Einfluss auf die Klimaveränderungen gefestigt hat. Es wird empfohlen, die Vorkehrungen zum Klimaschutz zu verstärken ebenso wie die rechtzeitige Vorbereitung zur Anpassung an mögliche Folgen des Klimawandels für die verschiedenen Handlungsfelder der Gesellschaft.

# Eine neue Beratungsqualität

Das BMVBS verfolgt mit dem Forschungsprogramm KLIWAS das Ziel, eine belastbare Grundlage zur Berücksichtigung möglicher Klimaveränderungen für die zukünftigen Planungen an den schiffbaren Gewässern in Deutschland zu schaffen. Angesichts der noch mit vielen Unsicherheiten behafteten Aussagen über mögliche Folgen der Klimaveränderungen sollen die KLIWAS-Ergebnisse mit modernsten wissenschaftlichen Methoden die Verantwortlichen bei ihren künftigen Planungen und Entscheidungen in einer neuen Qualität unterstützen.

Ein besonderes Verdienst von KLIWAS ist es, dass Bandbreiten von Klimaprojektionen aufgezeigt und innovative Wege zur Einengung dieser Bandbreiten für die Entscheidungsfindung bereitgestellt werden („Szenarienkorridore“). Damit fußen Entscheidungen über Anpassungsmaßnahmen erstmals nicht nur auf der Anwendung einzelner Modellläufe, sondern auf der gesamten heute verfügbaren und sinnvoll anwendbaren Modellvielfalt.

Gleichzeitig nimmt KLIWAS mit seiner Modellkette ausgehend von Emissionsszenarien und globalen sowie regionalen Klimamodellen über regionale Wasserhaushaltsmodelle bis hin zu ökologischen und ökonomischen Anwendungen jeweils das Gewässersystem in umfassender Weise in

den Blick. Der Beitrag von KLIWAS zur Versachlichung der zeitweilig erhitzten Diskussionen um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Schiffbarkeit der großen Flüsse in Deutschland, die z. B. nach dem Hochwasser 2002, dem Niedrigwasser 2003 und dem 4. Bericht des IPCC 2007 geführt wurden, kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden.

KLIWAS steht auch beispielgebend für eine mit großen Synergien verbundene Zusammenarbeit von Ressortforschungseinrichtungen, die durch ihren Bezug zur operativen Praxis für die notwendige Bedarfsorientierung der Forschung sorgen können. Gleichzeitig wurde die Expertise namhafter wissenschaftlicher Einrichtungen aus dem In- und Ausland mit zahlreichen Kooperationen integriert. Für die großen Zukunftsthemen und die damit verbundenen zunehmend komplexen Fragestellungen ist die Verknüpfung des Wissens verschiedener Disziplinen mit den Kenntnissen der operativen Abläufe und der Einbindung des wissenschaftlichen Netzwerks der Schlüssel zum Erfolg und sichert so die qualifizierte Politikberatung. Das BMVBS hat diesen Weg mit KLIWAS als Impulsgeber für die Entwicklung eines Experten- und Forschungsnetzwerkes strukturiert eingeschlagen, in dem die kompetenten Ressortforschungseinrichtungen des BMVBS themenbezogen weitergehend vernetzt und beauftragt werden.

# Zusammenfassende fachliche Schlussfolgerungen des BMVBS

Die Schifffahrt in Deutschland wird auch unter den Bedingungen des Klimawandels weiterhin die benötigten Transportleistungen erbringen können. Klimatisch bedingte Veränderungen der meteorologischen, hydrologischen und ozeanografischen Rahmenbedingungen (u. a. Abflussverhältnisse der Flüsse, Meeresspiegelanstieg, Seegangsverhältnisse, Sturmfluten) werden sich in den nächsten Jahrzehnten, bis etwa Mitte des Jahrhunderts, nahe an der heute und in den letzten Jahrzehnten vorhandenen Variabilität bewegen.

Die Anpassung von Wasserstraßen und Schifffahrt an veränderte Abflussverhältnisse und Flussmorphologie ist seit jeher ein Instrument der Daseinsvorsorge und wird mit den neuen Erkenntnissen weitergeführt. Zur Stärkung der Robustheit von Schifffahrt und Wasserstraßen gegenüber veränderten klimatischen Bedingungen und extremen Wetterereignissen werden die von KLIWAS aufgezeigten Bandbreiten in die kommenden Planungen einfließen. Die vorliegenden Ergebnisse lösen keine unmittelbaren, ausschließlich durch Klimaveränderungen bedingte, Investitionsentscheidungen aus. Die von KLIWAS für die nahe Zukunft (bis 2050) projizierten klimabedingten Veränderungen befinden sich in einer Größenordnung, die grundsätzlich mit den vorhandenen Planungswerkzeugen bewältigt werden kann.

Auf längere Sicht, ab Mitte bis Ende des Jahrhunderts, müssen wir uns voraussichtlich auf weitergehende Anpassungsmaßnahmen vorbereiten. Wir werden mit den neuen

Erkenntnissen bereits jetzt beginnen Vorschläge für ökologisch und ökonomisch geeignete Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten, da die Planung und Umsetzung größerer Anpassungsmaßnahmen Jahrzehnte dauern kann. Die KLIWAS-Projektionen und -Vorschläge für Anpassungsoptionen werden in zukünftige Entscheidungen einfließen.

Das BMVBS ist bestrebt, das von KLIWAS geschaffene Wissen und die wissenschaftlichen Werkzeuge zu erhalten, zu pflegen und weiter zu entwickeln. Sobald sich neue Erkenntnisse zu globalen Emissionsszenarien und Klimaprojektionen ergeben, sind diese auf die regionalen Verhältnisse in Deutschland und die Auswirkungen auf die Bedingungen an den Wasserstraßen zu übertragen. Ein wichtiger Meilenstein hierzu ist der 5. Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC). Für das BMVBS hat zukünftig die Vernetzung der Ressortforschungseinrichtungen zu einem Verbund, der sich koordiniert mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, also auf alle Geschäftsfelder des BMVBS, auseinandersetzt, hohe Priorität.

KLIWAS bestärkt darin, in sachlicher und fortschrittlicher Weise verantwortungsvoll das erforderliche Wissen weiter zu entwickeln und sukzessive in die Planungs- und Entscheidungsabläufe zu integrieren. Es ist zwar keine Eile zur Anpassung geboten, wohl aber eine aktive und gezielte Vorbereitung zur weiteren Schließung von Wissenslücken, Pflege und Weiterentwicklung von Prognose- und Projektionsinstrumenten sowie Erarbeitung geeigneter Anpassungsoptionen.

## Rhein

### KLIWAS-Ergebnisse

Im Flussgebiet des Rheins sind für die Niederschläge in der nahen Zukunft (bis 2050) keine eindeutigen Trends erkennbar. In der fernen Zukunft (bis 2100) können die Niederschläge im Sommer abnehmen und im Winter zunehmen. Die Lufttemperaturen werden steigen.

Für die nahe Zukunft (bis 2050) wird hinsichtlich der mittleren Abflüsse bzw. Niedrigwasserabflüsse im hydrologischen Sommer keine klare Änderung und für den Winter eine Zunahme angezeigt. Die Wahl der Unterhaltungsstrategie besitzt für die nahe Zukunft einen weitaus größeren Einfluss auf die Sohlagenentwicklung und den Sedimenthaushalt als die Änderung aus einer klimabedingt veränderten Abflusscharakteristik des Flusseinzugsgebietes.

In der fernen Zukunft (bis 2100) können die mittleren Abflüsse und Niedrigwasserabflüsse in den Sommermonaten allerdings abnehmen mit temporär streckenbezogenen Auswirkungen für die Schifffahrt und die Logistik. Im Winter setzt sich die Tendenz zunehmender mittlerer Abflüsse fort.

Aus den vorliegenden KLIWAS-Erkenntnissen wird deutlich, dass genügend Zeit besteht, um sich fundiert und angemessen auf längerfristig möglicherweise veränderte Abflussverhältnisse am Rhein einzustellen. KLIWAS hat erste Vorschläge über streckenspezifische Anpassungsoptionen (Engpässe) sowie Überlegungen zur Anpassung der Schiffstechnik, des Schiffsbetriebes, der Flottenstruktur und der Unternehmenslogistik und deren Weiterentwicklung vorgelegt.

Im Verbund mit den zuständigen Ländern und Anliegerstaaten sollten konsequent Maßnahmen zur Erkundung, Sicherung und Beseitigung von schadstoffbelasteten Sedimenten im Gewässerbett (insbesondere entlang des Ober-

rheins, sog. sekundäre Quellen) verfolgt und umgesetzt werden, um eine wirtschaftlichere Unterhaltung zu ermöglichen und die Erreichung der Umweltqualitätsziele (EU-WRRL und IKSR) für den stromabliegenden freifließenden Flussbereich nicht zu gefährden.

Die herausragende verkehrliche Bedeutung des Rheins wird durch die projizierten Klimaveränderungen nicht in Frage gestellt. Mit der Berücksichtigung und Weiterentwicklung der Erkenntnisse aus den KLIWAS-Ergebnissen können die benötigten Transportleistungen auch in Zukunft zuverlässig erbracht werden. Damit besteht für Investitionen von Schifffahrt, Industrie und Gewerbe am Rhein hinsichtlich der Verlässlichkeit der Wasserstraße in den nächsten Jahrzehnten Planungssicherheit.

### KLIWAS-Ergebnisse

Im Flussgebiet der Elbe sind für die nahe Zukunft (bis 2050) keine klaren Trends der Niederschlagsänderung erkennbar. Für die ferne Zukunft (bis 2100) zeichnen sich deutlichere Trends bei den Niederschlägen ab. Die Projektionen zu den Niederschlägen zeigen für diesen Zeitraum eine Abnahme im Sommer und im Winter eine Zunahme an.

Die Projektionen für die mittleren Abflüsse variieren im Vergleich zum Referenzzeitraum für die nahe Zukunft (bis 2050) zwischen -20 % und +10 %. In der fernen Zukunft (bis 2100) können die mittleren Abflüsse im Sommer im Vergleich zum Zeitraum 1961 bis 1990 abnehmen. Für den Winter ergibt sich kein klarer Trend. Die Niedrigwasserabflüsse zeigen für die nahe Zukunft keine eindeutigen Änderungen, in der fernen Zukunft können sie abnehmen.

Die Projektionen der Schwebstofffrachten zeigen eine signifikante Korrelation mit den Abflussprojektionen an, es ist jedoch kein eindeutiger Trend für die ferne Zukunft zu erkennen. Die Ergebnisse des Feststofftransports liegen aber noch nicht abschließend vor.

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der Wasserhaushalt im Elbeeinzugsgebiet bereits unter heutigen Klimabedingungen angespannt ist, d. h. in vielen Regionen übersteigt die potenzielle Verdunstung das Niederschlagsdargebot. Von Seiten der Wasserwirtschaft wurde darauf mit dem Bau von Talsperren und Wasserüberleitungen, verstärkt seit den 1960er Jahren, reagiert. Das Elbegebiet weist damit die höchste Talsperrendichte der europäischen Flussgebiete auf. Die Einflüsse der Talsperrensteuerung sowie der Wasserbewirtschaftung im Braunkohletagebau auf die Abflussmengen im Einzugsgebiet der Elbe erschweren die Analyse klimabedingter Veränderungen. KLIWAS hat zur Analyse und Modellierung des Wasserhaushaltes im Elbeeinzugsgebiet wichtige Grundlagen geschaffen und neue Erkenntnisse erarbeitet. Es wurde deutlich, dass die Einflüsse der Bewirtschaftung größer sind als die Signale einer Klimaveränderung.

Aus den vorliegenden KLIWAS-Erkenntnissen wird deutlich, dass sich die besondere Aufmerksamkeit und weitere Aktivitäten auf die verstärkten klimatischen Einflüsse in der fernen Zukunft richten müssen. Für die nahe Zukunft lassen die vorliegenden Ergebnisse erwarten, dass keine unmittelbaren, ausschließlich durch Klimaveränderungen bedingte, Investitionsentscheidungen ausgelöst werden.

Das BMVBS wird den im Rahmen des Gesamtkonzeptes Elbe begonnen Prozess mit den Zuständigen von Bund, Ländern und Kommunen sowie den maßgeblichen Interessengruppen zügig voranbringen, um ein gemeinsames und umfassendes Systemverständnis über die Elbe mit den Erkenntnissen aus KLIWAS zu erarbeiten und darauf aufbauend Szenarien und Maßnahmen abzustimmen und festzulegen, die eine nachhaltige Entwicklung der Elbe und deren Nutzungen (u. a. Schifffahrt) gewährleisten.

## Donau

### KLIWAS-Ergebnisse

Die Lufttemperaturen im Donaauraum werden im Sommer und im Winter bis zum Ende des Jahrhunderts (2100) ansteigen. Für die Niederschläge sind in der nahen Zukunft (bis 2050) weder im Winter noch im Sommer eindeutige Trends erkennbar. In der fernen Zukunft (bis 2100) können die Niederschläge im Sommer abnehmen. Hingegen zeigen die Projektionen für den Winter keine eindeutigen Trends an.

Für die mittleren Abflüsse sind im hydrologischen Winter weder für die nahe Zukunft, noch für die ferne Zukunft eindeutige Änderungen der Abflüsse erkennbar, während für den hydrologischen Sommer für beide projizierte Zeiträume eine Abflussabnahme möglich ist. Für die Niedrigwasserabflüsse zeigen die Projektionen je nach Pegel einen Trend zur Abflussabnahme oder indifferente Signale. Noch weiter zu untersuchen wird sein, in wie weit die Abflussverhältnisse in der fernen Zukunft zu veränderten Abladetiefen führen können.

Die vorliegenden KLIWAS-Erkenntnisse lassen erwarten, dass die Nutzbarkeit der Donau für die Binnenschifffahrt in den nächsten Jahrzehnten bis etwa Mitte des Jahrhunderts durch den Klimawandel nicht grundsätzlich verändert sein wird. Zudem werden in den staugeregelten Abschnitten der Donau mögliche klimatisch bedingte Veränderungen

der Abflussverhältnisse durch die Stauhaltungen gepuffert. Längerfristig kann es zu Abflussabnahmen im hydrologischen Sommer kommen. Diese Entwicklung wird ein Schwerpunkt der weiteren Betrachtungen und Untersuchungen im Hinblick auf die Entwicklung von klimabedingten Anpassungsoptionen sein.

### Binnenbereich überregional

Die durch den aktuellsten Bericht des IPCC (AR5, WG1) dokumentierte fortschreitende Erhöhung der globalen Lufttemperatur, die regional nicht einheitlich abläuft, wird durch die KLIWAS-Ergebnisse auch an den Binnenwasserstraßen und deren Gewässertemperaturen erkennbar. Damit steht in Aussicht, dass sich zukünftig weniger vereisungsbedingte Ausfalltage für die Schifffahrt an Kanälen und staugeregelten Wasserstraßenabschnitten ergeben. Das BMVBS wird aufmerksam verfolgen, ob dieser Aussicht atmosphärische Einflüsse auf die Wetterlagen in Europa entgegenstehen, die durch den beobachteten Rückgang des Meereises ausgelöst werden und die u. U. zu kälteren Wintern führen können.

Hinsichtlich der zu erwartenden fortschreitenden Erwärmung der Wassertemperatur an Binnenwasserstraßen und

damit verbundenen ökologischen Auswirkungen ist zu berücksichtigen, dass durch das Abschalten der Kernkraftwerke (Energiewende) und der damit verbundenen Reduzierung der Einleitung von erwärmtem Kühlwasser eine Wärmeentlastung in den Wasserstraßen stattfinden kann, die Auswirkungen durch die erwartete globale Erderwärmung teilweise kompensieren könnte. Das BMVBS wird diese Entwicklung hinsichtlich seiner Verantwortlichkeiten für Betrieb und Unterhaltung an den Binnenwasserstraßen aufmerksam über bestehende Überwachungsprogramme verfolgen.

Extreme Hochwässer sowie Niederschläge nach längeren Trockenperioden können zu einem massiven Eintrag fäkalbürtiger Mikroorganismen ins Gewässer und so zu einem gesundheitlich bedenklichen Anstieg führen. Das BMVBS

wird den Empfehlungen von KLIWAS nachgehen und prüfen lassen, ob besondere Informationen erstellt oder auch Arbeitssicherheitsvorschriften für das WSV-Personal im Außendienst hinsichtlich hygienischer Schutzmaßnahmen angepasst werden müssen.

Die Zusammensetzung der Pflanzenarten in den Auen wird durch Klimaveränderungen beeinflusst. Dabei ist eine

„einfache“ Verschiebung aller Habitats (z. B. in tiefere Lagen bei sinkenden Wasserständen) nicht zu erwarten, sondern die Verbreitungsmuster werden sich kleinräumig ändern. Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung wird bei ihren Unterhaltungsplänen an den Bundeswasserstraßen berücksichtigen, wie sowohl einzelne Arten als auch Artengemeinschaften der Flora und Fauna auf veränderte Umweltbedingungen reagieren.

## Küstenbereich und Ästuare

### KLIWAS-Ergebnisse

Die für KLIWAS zur Verfügung stehenden Ressourcen wurden im Küstenbereich vorrangig auf den Nordseeraum konzentriert.

Im Vergleich zum Festland gibt es auf See nur sehr wenige kontinuierlich registrierende Dauermessstationen für meteorologische Messdaten in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Man ist vielfach auf Schiffsbeobachtungen, bevorzugt von Handelsschiffen, angewiesen, die auf festen Schiffsrouten fahren. Es ist die Erkenntnis entstanden, dass man für die benötigte Beratungsqualität (z. B. für die Projektion von schifffahrtsrelevanten atmosphärischen Parametern wie Meeresspiegelanstieg, Windrichtung, -stärke, -stau und Seegang) die Kopplung von Modellen für Ozean und Atmosphäre herstellen muss. Erste KLIWAS-Ergebnisse mit gekoppelten Modellläufen erscheinen deutlich realistischer als Projektionen auf ungekoppelter Basis.

Mit der bislang in KLIWAS neu entwickelten Modellkonfiguration scheint für die östliche Deutsche Bucht bis 2100 ein Anstieg der signifikanten Wellenhöhe um bis zu 10 Prozent möglich. Für den Seegang wird in der östlichen Nordsee ein möglicher Anstieg und in der westlichen Nordsee eine mögliche Abnahme angezeigt.

Detaillierte KLIWAS-Analysen der Wasserstände haben ergeben, dass der mittlere Anstieg des mittleren Tidemittelwassers ohne den Einfluss von Landsenkungen über die vergangenen 100 Jahre an den Mündungspegeln der Ästuare Ems, Weser und Elbe 1,1 bis 1,9 mm pro Jahr beträgt. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Landsenkung liegt dieser Wert bei 1,6 bis 2,9 mm pro Jahr. Eine Beschleunigung des Anstiegs des mittleren Tidemittelwassers an den Mündungspegeln der Ästuare Ems, Weser und Elbe ist für die letzten 100 Jahre nicht nachweisbar.

Mit dem steigenden Meeresspiegel können bei zukünftigen Sturmfluten höhere Scheitelwasserstände auftreten, Häufigkeit und Stärke von Sturmfluten werden sich aber voraussichtlich in etwa um das heutige Niveau bewegen.

In den Nordsee-Ästuaren nimmt bei einem Anstieg des mittleren Tidemittelwassers die Flutstromdominanz zu, der stromaufgerichtete Sedimenttransport erhöht sich und die Brackwasserzone verschiebt sich stromauf.

KLIWAS-Untersuchungen zum Seegang haben ergeben, dass derzeitige Formeln zur Bemessung von Seebauwerken auf Seegang möglicherweise die bemessungsrelevante Wellenhöhe unterschätzen.

Als Folge der sich ändernden klimatischen Verhältnisse zeichnen sich deutliche Veränderungen im Ökosystem der Nordsee ab.

Aus den vorliegenden KLIWAS-Erkenntnissen ist zu folgern, dass die Seeschifffahrt unter Bezug auf die derzeit möglichen Aussagen zum Meeresspiegelanstieg und zu Veränderungen des deutschen Meeres und der Ästuarie ein zuverlässiger Verkehrsträger bleiben wird. Die Auswertung der bislang angewendeten Modellkonfigurationen für das Szenario A1B zeigt bislang keine markanten Herausforderungen oder Einschränkungen für die Schifffahrt oder die Wasserstraßeninfrastruktur im Küstenbereich an. Hier sind weitere Forschungen erforderlich, um mehr Klarheit über das Erfordernis zur vorsorglichen Änderung von Bemessungsvorgaben für Infrastruktur und Betrieb zu erhalten. Die bislang vorliegenden Kenntnisse müssen durch den weitergehenden Einsatz von gekoppelten Ozean-Atmosphäre-Modellen hinsichtlich ihrer zukünftigen Wirkung auf die Seewasserstraßen und die Schifffahrt weiter abgesichert werden.

Es ist eine besondere Leistung von KLIWAS, die vorhandenen Klimadaten von Nord- und Ostsee systematisch aufbereitet und für Reanalysen nutzbar gemacht zu haben. Die mit KLIWAS neue entwickelte Frontenklimatologie, die die Validierung der ozeanischen Dynamik in Klimaprojektionen ermöglicht, wurde als Kernservice in das europäische COPERNICUS Programm aufgenommen.

Das von KLIWAS komplementär zu den Projektionen der Modellkette angewendete Konzept der Sensitivitätsstudien

hat sich bewährt und die Möglichkeit eröffnet, die Betroffenheit von wasserbaulichen Anlagen und Anpassungsoptionen unter Annahme von Szenarien sehr detailliert zu untersuchen. Trotz noch großer Unsicherheiten in den Klimaprojektionen an der Küste ist es damit in Zusammenarbeit mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung möglich, Aussagen zu Betroffenheiten und Anpassungsoptionen fundiert zu entwickeln.

KLIWAS hat den Kenntnisstand zum Sediment- und Schwebstoffhaushalt, zur Verteilung von Schadstoffen, zu Einflussfaktoren auf die Ufervegetation sowie zur Gewässergüte, insbesondere des Sauerstoffhaushaltes, und Gewässerhygiene in den Küstengewässern und Flussmündungsgebieten deutlich verbessert. Der Einfluss veränderter Oberwasserabflüsse, Wassertemperaturen und des Meeresspiegelanstiegs auf diese Parameter kann nun besser beschrieben werden. Einige der Ergebnisse werden für das laufende Strombau- und Unterhaltungsmanagement bereits genutzt und zeigen gleichzeitig Anpassungsoptionen für zukünftig möglicherweise veränderte Verhältnisse auf. Insbesondere für das Sedimentmanagement an der Tideelbe wurden wertvolle Erkenntnisse für eine an unterschiedliche Oberwasserverhältnisse angepasste Unterhaltungsstrategie vorgelegt.

Die KLIWAS-Ergebnisse entfalten Nutzen auch für andere Handlungsfelder (z. B. den Betrieb von Küstenschutzbauwerken und Offshore-Windkraft-Anlagen, Erkenntnisse über mögliche Veränderungen des Meeresökosystems).

# Ausblick

Die Hochwasser der jüngeren Vergangenheit machen deutlich, dass der Entwicklung von Extremwetterereignissen, die nicht Gegenstand von KLIWAS waren, im Weiteren besondere Beachtung geschenkt werden muss, um mögliche Präventivmaßnahmen zur Minimierung von Schäden und Unterbrechungen von Betriebsabläufen erkennen und einleiten zu können.

KLIWAS konnte nicht alle Fluss- und Küstengebiete in seine Untersuchungen einschließen. Ferner wurden konkrete Untersuchungen zu wirtschaftlichen Aspekten im ersten Schritt exemplarisch nur für den Rhein durchgeführt. Es wird angestrebt, die vordringlichen Wissenslücken (räumlich und fachlich) gezielt weiter zu schließen.

Das BMVBS wird die weitere Entwicklung mit den in KLIWAS erstellten Werkzeugen mit seinen kompetenten Einrichtungen und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung weitsichtig weiter verfolgen und Projektionen mit aktuellen Daten überprüfen. Mit den vorliegenden Erkenntnissen wird der eingeleitete Prozess fortgesetzt, Vorschläge für ökologisch und ökonomisch geeignete Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten. Planung und Umsetzung größerer Anpassungsmaßnahmen können Jahrzehnte dauern und benötigen einen entsprechenden Vorlauf.

Wissenschaftlich fundierte Ergebnisse über mögliche Klimafolgen (Blick in die Zukunft anhand von Prognosen und Projektionen) werden als fester Bestandteil der Planung und Entscheidungen für Investitionen und Unterhaltungsmaßnahmen an den Bundeswasserstraßen etabliert. Die dazu erforderlichen Instrumente werden weiter entwickelt und relevantes neues Wissen (z. B. IPCC AR 5) sukzessive berücksichtigt.

Das BMVBS wird Maßnahmen der Bundesländer zur Vergleichmäßigung der Abflussverhältnisse, also zur Abpufferung von Hoch und Niedrigwasserabflüssen, die dem Hochwasserschutz und der Schifffahrt dienen (Win-Win-Lösungen), im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben und jeweiligen Zuständigkeiten unterstützen.

Das mit KLIWAS entstandene methodische Wissen muss in die Indikatoren- und Vulnerabilitätskonzepte der DAS einfließen, da es über den Verkehrsbereich hinaus auch für andere Handlungsfelder von Nutzen ist.

Bei der Entwicklung von Anpassungsoptionen und bei Entscheidungen über die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen ist eine transparente Kommunikation der dahinterliegenden Unsicherheiten zwingend erforderlich. Kooperative Ansätze und gestufte Konzepte, die bei neuem Kenntnisstand eine flexible Reaktion ermöglichen, sind bevorzugt zu entwickeln. Das BMVBS bevorzugt sogenannte Maßnahmen ohne Reue (no regret), die auch ohne das Eintreten von Klimafolgen einen Fortschritt zur Gewährleistung der verkehrlichen Zuverlässigkeit erbringen.

Sowohl wirtschaftliche Ziele als auch Umweltziele sind angemessen zu berücksichtigen. Die Zusammenarbeit von Wasserwirtschaft, Umwelt- und Naturschutz sowie Wasserstraßen/Schifffahrt ist weiter voran zu bringen. Die gemeinsame Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, die für alle Zuständigkeitsbereiche an einem Gewässer einen Nutzen erbringen, sollten identifiziert und angepackt werden.

Der Klimawandel ist eine Entscheidungsgröße neben verschiedenen anderen, die in den Planungs- und Entscheidungsprozessen für den Verkehrsträger Schiff/Wasserstraße eine Rolle spielen. Die Intensität der durch Klimawandel bedingten Veränderungen ist jeweils in den vorhandenen Rahmen der bestehenden dynamischen Veränderungen und Belastungen einzuordnen und die Notwendigkeit und der Umfang von Aktivitäten entsprechend zu priorisieren.

Um aufbauend auf den KLIWAS-Ergebnissen auch zukünftig die erforderliche Qualität in der Politikberatung zum Klimawandel und damit verknüpften Zukunftsthemen (z. B. Energiewende, Umwelt) zu gewährleisten, wird das BMVBS die Vernetzung seiner Ressortforschungseinrichtungen und Geschäftsfelder themenbezogen weiter verstärken und zielführende Strategien entwickeln.

Um Synergien zu erschließen, wird sich das BMVBS dafür einsetzen, dass Forschungsmittel der Bundesregierung zur Anpassung an den Klimawandel verstärkt in enger Abstimmung mit BMBF, BMU und BMELV zur Unterstützung operativer Abläufe eingesetzt werden. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, dass zukünftig auch andere Ressorts (z. B. BMVBS, BMELV, BMG, o. a.) ein Vorschlagsrecht für neue Förderschwerpunkte der Forschungsförderung durch BMBF erhalten. Der für 2014 geplante Fortschrittsbericht

der Bundesregierung zur Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) und dem Aktionsplan Anpassung (APA) sollte hier ebenfalls entsprechende Empfehlungen ausdrücken.

Das BMVBS wird den mit KLIWAS begonnenen und etablierten Dialog mit den Interessenvertretern aus dem Bereich Wasserstraßen und Schifffahrt fortsetzen.

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  
Invalidenstraße 44  
10115 Berlin

### Redaktion

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  
Referat WS 14 „Klima- und Umweltschutz für die Wasserstraßen, Gewässerkunde, BfG“  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn  
ref-ws14@bmvbs.bund.de  
www.bmvbs.de

### Stand

Oktober 2013

### Gestaltung | Druck

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  
Referat Z 25, Druckvorstufe | Hausdruckerei

### Bildnachweis

Benno Dröge, BfG Koblenz  
Peter Schneider, BfG Koblenz  
WSA Schweinfurt  
Michael Schleuter, BfG Koblenz

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung.  
Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.



