



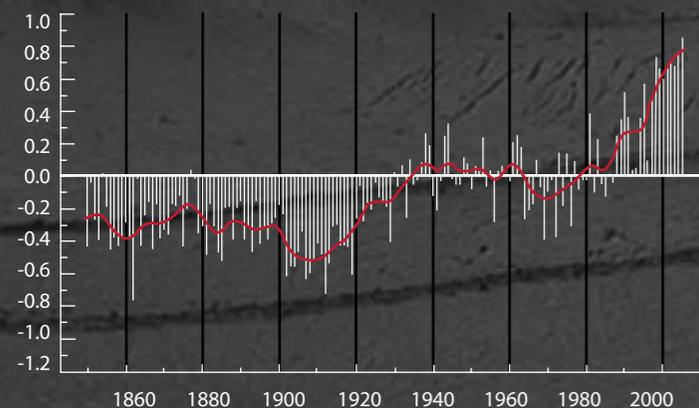
Vorbereitet auf Klimaänderungen im Einzugsgebiet des Rheins?

Ausgangslage

Nach den Aufzeichnungen der WMO-Mitgliedsländer lag die mittlere globale Lufttemperatur für 2005 bei $+0,47^{\circ}\text{C}$ bis $+0,58^{\circ}\text{C}$ über dem Jahresmittel von 14°C der Zeitreihe 1961-1990. Die letzten 10 Jahre, 1996-2005, mit Ausnahme von 1996 und 2000, waren global die wärmsten Jahre seit Beginn der systematischen Beobachtung im Jahr 1850. Seit 5000 Jahren hat Europa nicht mehr derartige Klimaänderungen erlebt, so ein Bericht der Europäischen Umweltagentur. Die Erderwärmung wird sich nach den neuesten Erkenntnissen in den nächsten Jahren fortsetzen. Als Folge kann eine Intensivierung des Wasserkreislaufs erwartet werden.

Klimaänderungen lassen sich nicht aufhalten. Aber man kann sich auf die Folgen einstellen. Eine Klimaänderung führt nicht nur zu erhöhten Temperaturen, sondern auch zu Änderungen bei den Niederschlagsverhältnissen im Sommer und im Winter. Die Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets (KHR) hat sich in der Vergangenheit bereits mit dem Thema Klimaänderung und Einfluss auf die Wasserressourcen beschäftigt. Der zunehmende Trend von Klimakennwerten wie der Temperatur, erfordert erneut eine Einschätzung der Folgen und Risiken für die Wasserwirtschaft.

Nordhemisphäre-Temperaturen 2005



Abweichung der jährlichen nordhemisphärischen bodennahen Durchschnittstemperaturen vom Mittel der Zeitreihe 1961 bis 1990 in $^{\circ}\text{C}$. Quelle: WMO, 2006



Piz Bernina mit Morteratsch- und Persgletscher Graubünden, Schweiz. Sommer 2004. Quelle: Max Maisch, Geographisches Institut der Universität Zürich

Massnahmen sind nötig..., um sicher zu gehen

Zukünftig werden im Einzugsgebiet des Rheins wahrscheinlich häufiger extreme Abflussbedingungen auftreten. Dies erfordert zusätzliche Anstrengungen in den Bereichen Hochwasserschutz und Niedrigwassermanagement. Um die baulichen und planerischen Maßnahmen sowie die administrativen Verfahrensweisen eines Landes an die geänderten Verhältnisse anzupassen, werden viel Zeit und hohe finanzielle Aufwendungen benötigt. Andererseits kann das Warten auf mehr Sicherheit hinsichtlich dieser prognostizierten Veränderungen großen wirtschaftlichen Schaden zur Folge haben und Menschenleben kosten. Die Gesellschaft profitiert insgesamt, wenn Wasserwirtschaftler und Planer rechtzeitig Vorsorge-maßnahmen treffen. Die KHR setzt sich dafür ein, dass die Länder im Einzugsgebiet des Rheins gemeinsam mögliche Veränderungen, Folgen und Risiken untersuchen und Maßnahmen aufeinander abstimmen.

Pegel Lobith - Tagesmittel des Abflusses 2003



Pegel Lobith - Tagesmittel des Abflusses 2003 und gemittelte Tageswerte des Abflusses der Zeitreihe 1901-2006

Klimaänderungen im Einzugsgebiet

Zwei Möglichkeiten zur Gewinnung von Information geben Einblick über Klimaänderungen im Einzugsgebiet:

- **Rückblick:** analysieren, wie sich das Klima in der zurückliegenden Zeit verhalten hat.
- **Vorausschau:** prognostizieren, wie sich das Klima in der Zukunft verändern wird.

Obwohl viele Unsicherheiten bleiben, liefern beide Wege wertvolle Hinweise hinsichtlich Trend und Ausmaß der möglichen Veränderungen.

Rückblick auf das vergangene Jahrhundert

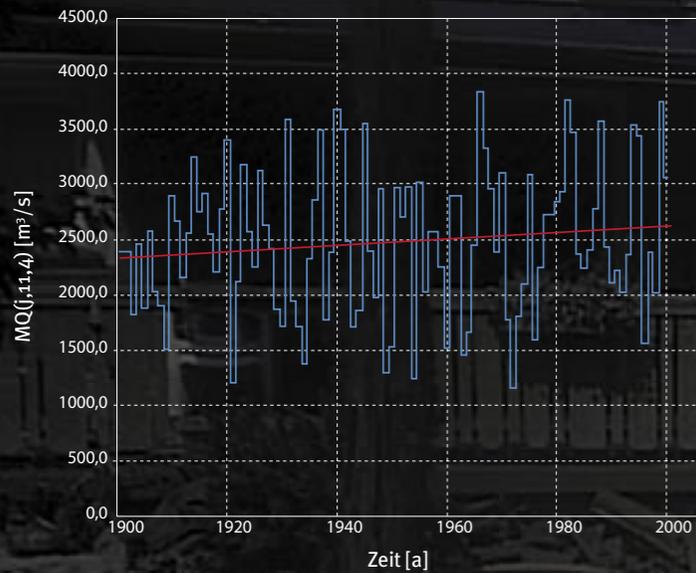
Im Einzugsgebiet des Rheins werden seit mehr als 100 Jahren zuverlässige Messungen von Wasserstand und Abfluss durchgeführt. In dem Projekt "Änderungen im Abflussregime des Rheins" hat die KHR langjährige Messreihen analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass der Abfluss des Rheins an der deutsch-niederländischen Grenze im Winter allmählich zunimmt, während er im Sommer abnimmt. Der Niederschlag im Einzugsgebiet hat sich auf dieselbe Weise verändert. Wegen der hohen natürlichen Variabilität des Klimas kann derzeit noch nicht abschließend nachgewiesen werden, ob diese Veränderungen ausschließlich eine Folge von anthropogen bedingten Klimaänderungen sind. Doch passt der beobachtete Trend der maßgeblichen Klimakennwerte zu den prognostizierten Klimaänderungen.

Vorausschau auf die nächsten Jahrzehnte

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat mit Hilfe von Modellen aufgezeigt, wie sich die Lufttemperatur in Abhängigkeit vom Kohlendioxid-Ausstoß weltweit ändern wird. Für den Ausstoß von Kohlendioxid wurden unterschiedliche Emissionsszenarien aufgestellt, die auf der ökonomischen Entwicklung und in Abhängigkeit von der Einführung neuer Energiequellen und Techniken basieren. Aus den Szenariorechnungen geht hervor, dass die Temperatur bei intensiver ökonomischer Entwicklung und erhöhtem Kohlendioxid-

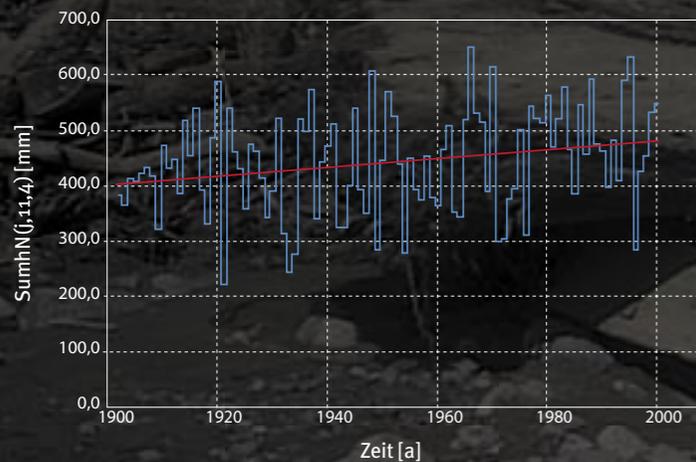
Pegel Lobith/Rhein Winterabfluss

Trendberechnung Zeitraum 01.11.1900-30.04.2000



Pegel Lobith/Rhein Winterniederschläge

Trendberechnung Zeitraum 01.01.1901-31.10.2000



Mittlerer Abfluss (oben) und mittlerer Niederschlag (unten) der hydrologischen Winterhalbjahre im vorigen Jahrhundert mit linearen Trendgeraden. Im Laufe des vergangenen Jahrhunderts nahmen sowohl der mittlere Abfluss als auch der mittlere Niederschlag zu.



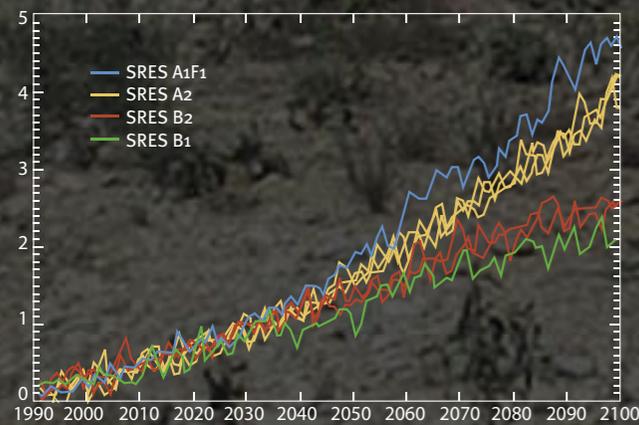
Murgangschäden in Sachseln, Schweiz

Quelle: Amt für Wald und Raumentwicklung Obwalden, Schweiz

Ausstoß weltweit bis zum Jahr 2100 um 5,8 °C ansteigen kann. Doch selbst wenn es der internationalen Staatengemeinschaft gelingt, die globale Erwärmung auf 2 °C zu begrenzen, muss mit weit reichenden Folgen für Umwelt und Gesellschaft gerechnet werden. Aus diesem Grunde fordert die KHR, dass die Länder sich nicht nur um die Einschränkung der anthropogen bedingten Klimaänderungen bemühen, sondern auch Maßnahmen zur Minimierung der negativen Auswirkungen einer Klimaänderung planen und umsetzen sollten.

Die weltweiten Klimaänderungen werden je nach Region unterschiedliche Folgen haben. Die Länder untersuchen daher die globalen Klimaszenarien des IPCC im Hinblick auf regionale Auswirkungen. So ist der Temperaturanstieg im Alpengebiet höher als im Mündungsgebiet des Rheins. Klimaexperten erwarten, dass der in den vergangenen 100 Jahren beobachtete Temperaturtrend im Rheineinzugsgebiet, sich in der Zukunft unvermindert fortsetzen wird: die Folgen sind mildere, niederschlagsreichere Winter und höhere Wasserführung der Flüsse. Die Erwartungen für den Sommer sind weniger sicher, weisen aber auf häufigeres Auftreten von Trockenperioden und geringere Abflüsse hin.

Globaler Temperaturanstieg für vier verschiedene IPCC-Klimaszenarien in °C



In Klimaszenarien für das 21. Jahrhundert variiert der weltweite Temperaturanstieg stark in Abhängigkeit von der Entwicklung der Weltbevölkerung, der Wirtschaft und der Technologie.

Quelle: Hadley Center, technical note 44, November 2003



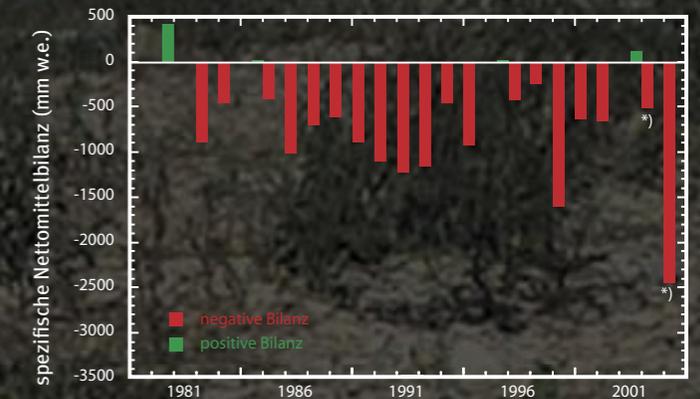
Niedrigwasser in der Thur

Quelle: Auenberatungsstelle Bern, Schweiz

Vorsorgemaßnahmen

Feuchtere Winter und trockenere Sommer können verschiedene Folgen im Einzugsgebiet haben. In den Alpen nimmt das Risiko von häufigeren Murgängen zu. Die Schneegrenze verlagert sich nach oben, was sich auf den Wintertourismus und damit auf die ökonomischen Belange der Gebirgsregionen auswirken wird. Die Überschwemmungsgefahr entlang der Flüsse wird zunehmen. Im Sommer wird die Schifffahrt häufiger durch Niedrigwasser beeinträchtigt sein. Verminderte Abladetiefen bei der gewerblichen Schifffahrt sowie regionale Ausfälle bei der Fahrgastschifffahrt infolge von Niedrigwasser, wie z.B. im Sommer 2003, resultieren in hohen ökonomischen Verlusten. Im Mündungsbereich des Rheins kann das Meer verstärkt ins Landesinnere eindringen und zu Grund- und Oberflächenwasserversalzung führen. Die Erwärmung des Flusswassers im Sommer schränkt maßgeblich die kraftwerksbedingte Nutzung als Kühlwasser ein und beeinträchtigt Qualität und Biozönose der Gewässer. Die verfügbare Trinkwassermenge kann abnehmen. Für die Eingrenzung der Folgen sind Maßnahmen vor allem in der Wasserwirtschaft und in der Raumordnung erforderlich.

Gletscherbilanz 1980-2003



Die Mittel werden mit der jährlichen Ausgleichsmasse von neun Alpengletschern errechnet.

*) = 2002, 2003: unvollständige Probe

Quelle: Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftenreihe Umwelt Nr. 369. Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft, Bern

Beispiele derartiger Maßnahmen zum Hochwasserschutz sind: Verstärkung von Deichen, Einrichtung von Poldern oder die Erstellung von Hochwasserrisiko-Karten zusammen mit der Einführung einer restriktiven Landnutzungs- und Bebauungsplanung in Hochwasser gefährdeten Gebieten. Die Umsetzung solcher Projektvorhaben wird Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Der Bau der Deltawerke in den Niederlanden dauerte beispielsweise fast 50 Jahre. Die Realisierung der geplanten Retentionsräume am Oberrhein wird voraussichtlich noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Dabei ist zu beachten, dass diese Maßnahmen zum Ausgleich von bereits eingetretenen Hochwasserverschärfungen durchgeführt werden. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Erfahrungen und Erkenntnisse ist die KHR der Meinung, dass bereits jetzt gehandelt werden muss, um auf die zu erwartenden Änderungen des Abflusses vorbereitet zu sein.

Da die Klimaprojektionen und insbesondere die möglichen regionalen Auswirkungen noch mit einer gewissen Unsicherheit verbunden sind, sind kostenintensive Investitionen nur sehr schwer auf den Weg zu bringen. Angesichts der geringen Wahrscheinlichkeit, dass sich die Klimakennwerte anders als erwartet entwickeln werden, sieht die KHR zwei vorbeugende Optionen, um vernünftig mit dieser Unsicherheit umzugehen: No-Regret-Maßnahmen und Flexibilität in Politik und Verwaltung.

- No-Regret-Maßnahmen

In der Wasserwirtschaft und in der Raumordnung sind verschiedene Maßnahmen denkbar, die effektiv und mit geringem finanziellem Aufwand umgesetzt werden können. Maßnahmen gegen Wassermangel im Sommer können das gezielte Versickern von Regenwasser im Einzugsgebiet, ein sparsamerer Umgang mit Trink- und Brauchwasser oder regionale Trinkwasserüberleitungen sein. Schutz vor Überschwemmungen bietet auch eine strenge Handhabung gesetzlicher Regelungen bei der Nutzung von Flussauen. Notfallstrategien und Katastrophenmanagement begrenzen die Gefahr von Opfern und Schäden bei Überschwemmung und Trockenheit.



Rheinabschnitt zwischen Koblenz und Neuwied im Trockenjahr 2003

Quelle: Benno Dröge, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

- Flexibilität in Politik und Verwaltung

Da die Auswirkungen der Klimaänderung noch unsicher sind, ist es wichtig, dass Verwaltungs- und Bewirtschaftungsorgane ihre Planungen anpassen können, wenn neue Erkenntnisse vorliegen. Regelmäßige Evaluationen sind erforderlich. Auch bei der Ausführung von Maßnahmen sollte dieser Flexibilität Rechnung getragen werden.

Retentionsgebiete oder eine Deichverstärkung sollten derart geplant werden, dass diese in Zukunft auf einfache Weise zu erweitern sind. Entlang der Flüsse sollten Ausuferungsflächen freigehalten werden. Für alle Fließgewässer muss genügend Raum vorhanden sein. Um unnötige Risiken, wie Bauwerkschäden oder Einleitungen von Schadstoffen während eines Hochwassers, zu vermeiden, sollte parallel dazu die Ansiedlung von schadenempfindlicher Bebauung und Industrie auf derartigen Flächen unterbunden werden. Die Bemessungsgrundlagen sollten angesichts der zu erwartenden hydrometeorologischen Extreme überprüft werden. All diese Ansätze tragen mittel- und langfristig zur Kostendämpfung bei, insbesondere im Vergleich zu Maßnahmen, die lediglich reaktiver Art sind.

Der trockene, warme Sommer von 2003 hat in der Schweiz unterschiedlichste Probleme verursacht. Gletscher reagierten mit einer Rekordschmelze, das Schmelzen von Permafrost hat vermehrt Felsabbrüche und Steinschläge verursacht und die niedrigen Wasserstände führten zu Interessenkonflikten unter den Nutzern. Die Schweiz erwartet in der Zukunft mehr trockene und warme Sommer und hat daher verschiedene Vorsorgemaßnahmen eingeleitet. So wurde etwa eine Internetseite mit Informationen über die Eindämmung von Gesundheitsrisiken bei Hitzewellen erstellt. Der Wetterdienst wird rechtzeitig vor Hitzewellen warnen. Trinkwasserversorgungen werden noch besser miteinander vernetzt. Das Gefahrenpotential von Murgängen, Fels- und Bergstürzen, die durch auftauenden Permafrost entstehen könnten, wird in Gefahrenkarten festgehalten.

Erste Ergebnisse der regionalen Klimamodellierung zeigen, dass starke Erwärmungen im Winterhalbjahr um bis zu +2°C auftreten können. Ebenso ist eine Niederschlagszunahme im Winter zu erwarten. In einigen deutschen Bundesländern wird daher vorgeschlagen, bei der Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen den Lastfall Klimaänderung, also höhere Abflüsse, ab sofort zu berücksichtigen. Vorgeschlagen wird ein klimabedingter Zuschlag bei der Dimensionierung von neuen Deichen oder Rückhaltemaßnahmen von beispielsweise etwa 15% auf die Höhe der Bemessungsabflüsse. Dabei wird auch erwogen, Raum für zukünftige Deichverstärkungen zu reservieren. Bei lokalen Hochwasserrückhaltebecken soll zukünftig eine Erhöhung des Freibords bereits bei der Planung berücksichtigt werden. Hinsichtlich der Trinkwasserversorgung während Trockenperioden sollen regionale Überleitungen Defizite ausgleichen. Unstrittig sind auch Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung. Sowohl die Auswirkungen der Klimaänderungen als auch das Restrisiko hinter Dämmen sollen besser kommuniziert werden.

Die Niederlande richten sich darauf ein, dass der Rhein und die Maas in den kommenden 50 bis 100 Jahren bedeutend mehr Wasser abführen werden. Es wurde untersucht, wie viel zusätzlicher Raum entlang des Rheins und der Maas vorhanden ist, um extreme Hochwasserwellen reduzieren zu können. Ein raumplanerisches Verfahren wurde in Gang gesetzt, um diese Gebiete zukünftig als Überschwemmungsgebiete nutzen zu können. Dabei sind konkrete Maßnahmen am Rhein in der Größenordnung von ca. 2 Milliarden Euro vorgesehen.



Vorlandabgrabung am Nederrijn im Projekt "Raum für den Fluss"

Quelle: Rijkswaterstaat - RIZA

Gemeinsame Vorgehensweise im Einzugsgebiet

Klimaänderungen beeinflussen den Wasserhaushalt und die Abflussverhältnisse im Einzugsgebiet des Rheins. Es ist wünschenswert, dass die Länder im Einzugsgebiet eine gemeinsame risikobasierte Strategie entwickeln, um Maßnahmen zur Abmilderung der Klimafolgen in die richtigen Bahnen zu leiten. Dies ist nur möglich, wenn Forscher und Entscheidungsträger gemeinsame Vorstellungen über die Entwicklung des Klimas und die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt erarbeiten. Wichtig ist auch zu beurteilen, wie sich die sozio-ökonomischen Randbedingungen verändern. Die KHR plädiert dafür, eine gemeinsame Datenbank als Informationsbasis über den früheren, den heutigen und den szenariobasierten zukünftigen Wasserhaushalt im Einzugsgebiet des Rheins einzurichten.



Quelle: CHR / KHR

Impressum

Diese Broschüre wurde erstellt von der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets (KHR). Die KHR hat zur Aufgabe, das Wissen über die Hydrologie des Einzugsgebiets des Rheins zu fördern und zur Lösung der grenzüberschreitenden hydrologischen Probleme beizutragen. Die Information in dieser Broschüre basiert auf dem KHR-Workshop "Klimaänderungen und deren Effekte auf den Wasserhaushalt und die Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet des Rheins". Mehr Information über Ziele und Arbeit der KHR finden Sie unter www.chr-khr.org. Bei Fragen können Sie Kontakt aufnehmen mit:

Sekretariat KHR

Postbus 17

NL-8200 AA Lelystad

Niederlande

Tel. +31 320 298 603

Fax +31 320 298 398

E-Mail info@chr-khr.org

Betreuung: E. Sprokkereef (KHR)

H. Buiteveld (RWS-RIZA)

Text: Met Andere Woorden, Arnhem

Gestaltung: Voorheen De Toekomst, Wageningen

www.vhdt.nl

Druck: Roos en Roos, Arnhem



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling



Weather Climate Water



lebensministerium.at



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
Région Île-de-France



eawag
aquatic research ooo

bfg Bundesanstalt für
Gewässerkunde



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation