Zusammenfassung

Beobachtungsdatenreihen und Klimaprojektionen liefern eine Fülle von Beweisen, dass Süßwasserressourcen anfällig sind und dass Klimaänderungen erhebliche Auswirkungen - mit weitreichenden Folgen für menschliche Gesellschaften und Ökosysteme - auf sie haben können.

Die über mehrere Jahrzehnte hinweg beobachtete Erwärmung ist mit Änderungen des großräumigen Wasserkreislaufs in Verbindung gebracht worden, wie etwa einem Anstieg des atmosphärischen Wasserdampfgehalts, einer Änderung von Niederschlagsmustern, -intensität und -extremen, einer Abnahme der Schneebedeckung und einer weiträumigen Eisschmelze sowie Änderungen der Bodenfeuchte und des Abflusses. Die Niederschlagsänderungen weisen eine erhebliche räumliche und interdekadische Variabilität auf. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts hat der Niederschlag hauptsächlich in hohen nördlichen Breiten der Kontinente zugenommen, während zwischen 10° S und 30° N seit den 1970er Jahren die Abnahmen dominieren. Die Häufigkeit von Starkniederschlagsereignissen (oder der Anteil schwerer Regenfälle an der gesamten Regenmenge) hat in den meisten Gebieten zugenommen (*wahrscheinlich*). Weltweit hat sich der Anteil der als sehr trocken eingestuften Landflächen seit den 1970er Jahren mehr als verdoppelt (*wahrscheinlich*). Die Wasserspeicherung in Gebirgsgletschern und die Schneebedeckung auf der nördlichen Halbkugel sind erheblich geringer geworden. Außerdem sind Verschiebungen im Umfang und Zeitpunkt des Abflusses in von Gletschern und von der Schneeschmelze gespeisten Flüssen sowie bei eisbezogenen Phänomenen in Flüssen und Seen zu beobachten (*hohes Vertrauen*). [2.1]

Die Klimamodellsimulationen für das 21. Jahrhundert projizieren übereinstimmend Zunahmen der Niederschlagsmengen in höheren Breiten (*sehr wahrscheinlich*) und in Teilen der Tropen sowie Abnahmen in einigen subtropischen Regionen und Regionen der niedrigeren mittleren Breiten (*wahrscheinlich*). Außerhalb dieser Gebiete sind Vorzeichen und Ausmaß der projizierten Änderungen von Modell zu Modell unterschiedlich, was zu erheblicher Unsicherheit in den Niederschlagsprojektionen führt.[1] Dementsprechend sind die Projektionen künftiger Niederschlagsänderungen für manche Regionen stabiler als für andere. Mit abnehmenden räumlichen Skalen wird die Konsistenz der Projektionen zwischen den Modellen geringer. [2.3.1]

Bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird für den mittleren Jahresabfluss in Flüssen und für die Wasserverfügbarkeit in hohen Breiten und in einigen feuchten Tropengebieten ein Anstieg aufgrund des Klimawandels[2] projiziert, in einigen trockenen Gebieten in den mittleren Breiten sowie trockenen Tropengebieten hingegen eine Abnahme.[3] Viele semi-aride und aride Gebiete (z. B. das Mittelmeerbecken, der Westen der Vereinigten Staaten, das südliche Afrika und Nordostbrasilien) sind den Auswirkungen des Klimawandels in besonders starkem Maße ausgesetzt und werden laut Projektionen unter einer Abnahme der Wasserressourcen aufgrund des Klimawandels zu leiden haben (*hohes Vertrauen*) [2.3.6]

Für viele Gegenden wird ein Anstieg der Überschwemmungs- und Dürrerisiken aufgrund einer erhöhten Niederschlagsintensität und –variabilität projiziert. Die Häufigkeit schwerer Niederschlagsereignisse (oder der Anteil schwerer Regenfälle an der gesamten Regenmenge) wird *sehr wahrscheinlich* über den meisten Gebieten während des 21. Jahrhunderts zunehmen, was Konsequenzen für das Risiko regenbedingter Hochwässer hat. Gleichzeitig wird eine Zunahme des Anteils der Landoberfläche projiziert, der das ganze Jahr hindurch unter extremer Dürre leidet (*wahrscheinlich*), sowie auch eine Tendenz zur Sommertrockenheit im Innern der Kontinente, insbesondere in den Subtropen sowie in niedrigen und mittleren Breiten. [2.3.1, 3.2.1]

---

[1] Die betrachteten Projektionen basieren auf den verschiedenen im Rahmen des IPCC-Sonderberichts zu Emissionsszenarien (*Special Report on Emission Scenarios*, SRES) entwickelten Szenarien ohne Klimaschutz.
[2] Diese Aussage schließt Änderungen nichtklimatischer Faktoren wie etwa der Bewässerung aus.
[3] Diese Projektionen basieren auf einem Ensemble von Klimamodellen unter Verwendung der mittleren SRES-A1B-Szenarien ohne Klimaschutz. Bei Betrachtung der verschiedenen Klimareaktionen innerhalb der SRES-Szenarien in der Mitte des 21. Jahrhunderts ergibt sich, dass diese Schlussfolgerung für eine größere Zahl von Szenarien zutrifft.

Laut Projektionen werden im Verlauf dieses Jahrhunderts die in Gletschern und Schneedecken gespeicherten Wassermengen abnehmen. Dadurch verringert sich in Regionen, die vom Schmelzwasser der großen Gebirgsketten versorgt werden und in denen derzeit mehr als ein Sechstel der Weltbevölkerung lebt, die Wasserverfügbarkeit (durch eine saisonale Abflussverschiebung, eine Erhöhung des Verhältnisses zwischen Winter- und Jahresabfluss und Rückgänge in den Niedrigwasserabflüssen) (*hohes Vertrauen*). [2.1.2, 2.3.2, 2.3.6]

Es wird projiziert, dass höhere Wassertemperaturen und Änderungen von Extremen einschließlich Hochwässern und Dürren die Wasserqualität beeinträchtigen und viele Formen der Wasserverschmutzung verschärfen – Verschmutzung durch Sedimente, Nährstoffe, gelösten organischen Kohlenstoff, Krankheitserreger, Pestizide und Salz sowie zunehmender Erwärmung, mit möglichen negativen Auswirkungen auf Ökosysteme, die menschliche Gesundheit sowie Zuverlässigkeit und Betriebskosten der Wasserversorgungssysteme (*hohes Vertrauen*). Außerdem wird projiziert, dass es durch den Meeresspiegelanstieg zu einer Zunahme der Flächen mit einer Versalzung des Grundwassers und der Flussmündungen kommt, was dazu führt, dass die Süßwasserverfügbarkeit für Menschen und Ökosysteme in Küstengebieten abnimmt [3.2.1.4, 4.4.3].

Es ist zu erwarten, dass weltweit die nachteiligen Effekte des Klimawandels auf Süßwassersysteme die Vorteile überwiegen (*hohes Vertrauen*). Bis 2050 wird der Flächenanteil der aufgrund des Klimawandels einer zunehmenden Wasserknappheit ausgesetzten Gebiete laut Projektionen mehr als doppelt so hoch sein wie der Anteil der Gebiete mit abnehmender Wasserknappheit. In Gegenden, für die ein Rückgang der Abflussmengen projiziert wird, wird der Wert der durch Wasserressourcen erbrachten Dienstleistungen eindeutig sinken. Die erhöhten jährlichen Abflussmengen in einigen Gebieten führen den Projektionen zufolge zu einer Zunahme des Gesamtwasserdargebots. Allerdings wird in vielen Gegenden dieser Vorteil wahrscheinlich durch die negativen Effekte erhöhter Niederschlagsvariabilität und saisonaler Abflussverschiebungen auf die Wasserversorgung, die Wasserqualität und Überflutungsrisiken aufgewogen. (*hohes Vertrauen*) [3.2.5]

Es ist zu erwarten, dass durch Veränderungen in der Wassermenge und -qualität aufgrund des Klimawandels die Verfügbarkeit, Stabilität, Zugang zu und Verwertung von Nahrungsmitteln beeinträchtigen werden. Dies dürfte voraussichtlich zu einer geringeren Ernährungssicherheit und einer erhöhten Anfälligkeit armer Landbauern, insbesondere in den ariden und semiariden Tropen und in asiatischen und afrikanischen Megadeltas, führen. [4.2]

Der Klimawandel beeinträchtigt die Funktion und den Betrieb der vorhandenen Wasserinfrastruktur – einschließlich Wasserkraft, Hochwasserschutzbauten, Entwässerungs- und Bewässerungssysteme – sowie Wassermanagementpraktiken. Die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels auf die Süßwassersysteme verschärfen die Wirkungen anderer Belastungen wie z. B. Bevölkerungswachstum, sich verändernde ökonomische Tätigkeit, Landnutzungsänderung und Verstädterung (*sehr hohes Vertrauen*). Weltweit wird der Wasserbedarf in den kommenden Jahrzehnten in erster Linie aufgrund des Bevölkerungswachstums und des zunehmenden Wohlstands steigen; regional sind starke Änderungen des Wasserbedarfs für Bewässerungszwecke als Folge der Klimaänderungen zu erwarten (*hohes Vertrauen*). [1.3, 4.4, 4.5, 4.6]

Die derzeitigen Wassermanagementpraktiken sind möglicherweise nicht robust genug, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Zuverlässigkeit der Wasserversorgung, das Hochwasserrisiko, Gesundheit, Landwirtschaft, Energie und aquatische Ökosysteme **zu bewältigen**. Vielerorts kann die Wasserwirtschaft selbst die derzeitige Klimavariabilität nicht zufriedenstellend bewältigen, sodass enorme Hochwasser- und Dürreschäden auftreten. Als ein erster Schritt würde eine bessere Einbeziehung von Informationen über die derzeitige Klimavariabilität in die wasserwirtschaftliche Planung die Anpassung an die langfristigen Auswirkungen des Klimawandels unterstützen. Klimatische und nichtklimatische Faktoren wie etwa das Bevölkerungswachstum und das Schadenspotenzial würden die Probleme in Zukunft verschärfen. (*sehr hohes Vertrauen*) [3.3]

Der Klimawandel stellt die herkömmliche Annahme in Frage, dass hydrologische Erfahrungen aus der Vergangenheit eine gute Orientierung für künftige Bedingungen bieten. Durch die Folgen des Klimawandels kann sich die Zuverlässigkeit der derzeitigen Wassermanagementsysteme und der wasserbezogenen Infrastruktur ändern. Obgleich quantitative Projektionen von Änderungen der Niederschläge, der Wasserführung von Flüssen und der Wasserstände auf Einzugsgebietsebene unsicher sind, ist es sehr wahrscheinlich, dass sich die hydrologischen Charakteristika künftig ändern werden. In einigen Ländern und Regionen werden Anpassungsmaßnahmen und Praktiken für ein Risikomanagement entwickelt, die projizierte hydrologische Änderungen und damit verbundene Unsicherheiten berücksichtigen. [3.3]

Anpassungsoptionen, die darauf ausgerichtet sind, die Wasserversorgung unter Durchschnitts- und Dürrebedingungen sicherzustellen, erfordern integrierte Strategien auf Nachfrage- und auf Angebotsseite. Die ersteren verbessern die Wassernutzungseffizienz, z. B. durch Wasserrecycling. Der verstärkte Einsatz von wirtschaftlichen Anreizen einschließlich Wassermessung und –gebühren zur Förderung des Gewässerschutzes und der Entwicklung der Wassermärkte und die Einführung eines virtuellen Wasserhandels bieten vielversprechende Möglichkeiten für Wassereinsparungen und die Umverteilung von Wasser zugunsten höherwertiger Nutzungen. Zu den angebotsseitigen Strategien gehören im Allgemeinen Erhöhungen der Speicherkapazitäten, Entnahmen aus Fließgewässern und Wassertransfers. Durch ein integriertes Wasserressourcenmanagement werden wichtige Rahmenvoraussetzungen für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen über sozioökonomische, ökologische und administrative Systeme hinweg geschaffen. Um wirksam zu sein, müssen integrierte Konzepte auf der/den geeigneten Maßstabsebene/-ebenen ansetzen, die zur Umsetzung wirksamer Maßnahmen erforderlich ist/sind. [3.3]

Minderungsmaßnahmen können das Ausmaß der Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Wasserressourcen abschwächen, wodurch sich im Gegenzug der Anpassungsbedarf verringert. Allerdings können sie erhebliche negative Nebeneffekte haben, wie etwa eine Erhöhung des Wasserbedarfs für Aufforderungs-/Wiederaufforstungsmaßnahmen oder Bioenergiepflanzen, falls diese hinsichtlich Standort, Planung und Management nicht nachhaltig sind. Andererseits können sich wasserwirtschaftliche Maßnahmen wie z. B. Talsperren auf die Treibhausgasemissionen auswirken. Talsperren sind eine Quelle erneuerbarer Energie. Gleichwohl verursachen sie ihrerseits Treibhausgasemissionen. Das Ausmaß dieser Emissionen hängt von den spezifischen Umständen und der Betriebsweise ab. [Abschnitt 6]

Das Wasserressourcenmanagement hat eindeutig Auswirkungen auf viele andere Politikbereiche wie etwa Energie, Gesundheit, Ernährungssicherheit und Naturschutz. Daher muss die Beurteilung von Anpassungs- und Minderungsoptionen unter Einbeziehung einer Vielzahl von wasserabhängigen Sektoren erfolgen. Länder und Regionen mit niedrigem Einkommen werden wahrscheinlich mittelfristig anfällig bleiben und weniger Anpassungsmöglichkeiten an den Klimawandel haben als Länder mit hohem Einkommen. Daher sollten Anpassungsstrategien im entwicklungs-, umwelt- und gesundheitspolitischen Kontext entwickelt werden. [Abschnitt 7]

Es bestehen einige Wissenslücken, was Beobachtungen und Forschungsbedarf im Bereich Klimaänderungen und Wasser betrifft. Beobachtungsdaten und Zugang zu Daten sind Voraussetzungen für ein adaptives Management, doch viele Beobachtungsnetze werden kleiner. Es bedarf einer Verbesserung des Verständnisses und der Modellierung von Klimaänderungen im Verhältnis zum Wasserkreislauf auf den Maßstabsebenen, die für die Entscheidungsfindung relevant sind. Die Informationen über die wasserbezogenen Auswirkungen von Klimaänderungen sind unvollständig, insbesondere was Wasserqualität, aquatische Ökosysteme und Grundwasser einschließlich ihrer sozioökonomischen Dimensionen betrifft. Und schließlich sind die derzeitigen Instrumente zur Unterstützung integrierter Beurteilungen von Anpassungs- und Minderungsoptionen über mehrere wasserabhängige Sektoren hinweg unzureichend. [Abschnitt 8]