

Klimawandel und Trinkwasserversorgung: Auswirkungen, Handlungsbedarf, Anpassungsmöglichkeiten

Die Akteure der Wasserversorgung sind es gewohnt, in langfristigen Planungs- und Investitionszeiträumen zu denken und mit sich verändernden Rahmenbedingungen umzugehen. Daher sollte, in Kooperation mit Forschung, Politik und weiteren Akteuren, die Anpassung an die Folgen des Klimawandels gelingen. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels in Deutschland und den Handlungsbedarf, der sich daraus für die Wasserversorgung ergibt. Weiterhin werden bestehende Anpassungsmöglichkeiten erläutert und auf Informations- und Unterstützungsmöglichkeiten insbesondere für Wasserversorger verwiesen.

In der Klimadebatte gerät das Thema Wasser mehr und mehr in den Fokus der medialen, öffentlichen und politischen Aufmerksamkeit. Allein im laufenden Jahr haben der Weltwasserbericht der Vereinten Nationen [1] und das Weltwasserforum im März in Istanbul weltweit die Aufmerksamkeit auf folgende Frage gelenkt: Wie verändert der Klimawandel die Verfügbarkeit des Wassers und wie kann sich der Mensch darauf einstellen?

Im Mittelpunkt der Diskussionen steht mittlerweile die Anpassung an den Klimawandel.

Das Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel“ der EU-Kommission [2] und die Deutsche Anpassungsstrategie der Bundesregierung [3] dokumentieren, dass es mittlerweile politischer Konsens ist, dass die Anpassung an die als unausweichlich erkannten Folgen des Klimawandels als zweite Säule einer umfassenden Klimapolitik neben die Reduzierung der Treibhausgasemissionen treten muss.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, worauf sich die Wasserversorgungswirtschaft einstellen muss und

wie das erfolgen kann. Wie die Branche zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen beitragen kann, untersucht derzeit ein DBU/DVGW-Forschungsprojekt mit Blick auf Energieeffizienz und Energieeinsparung [4]. Bezogen auf den Pro-Kopf-Energieverbrauch ist das Einsparpotenzial der Branche jedoch relativ gering. Die Bereitstellung des jährlich vom Durchschnittsbürger gebrauchten Trinkwassers (ca. 44 m³) erfordert im Mittel einen Energieaufwand von 22 kWh/Jahr. Das ist ein Viertel dessen, was dieser Durchschnittsbürger im selben Zeitraum für einen kleinen Ein-

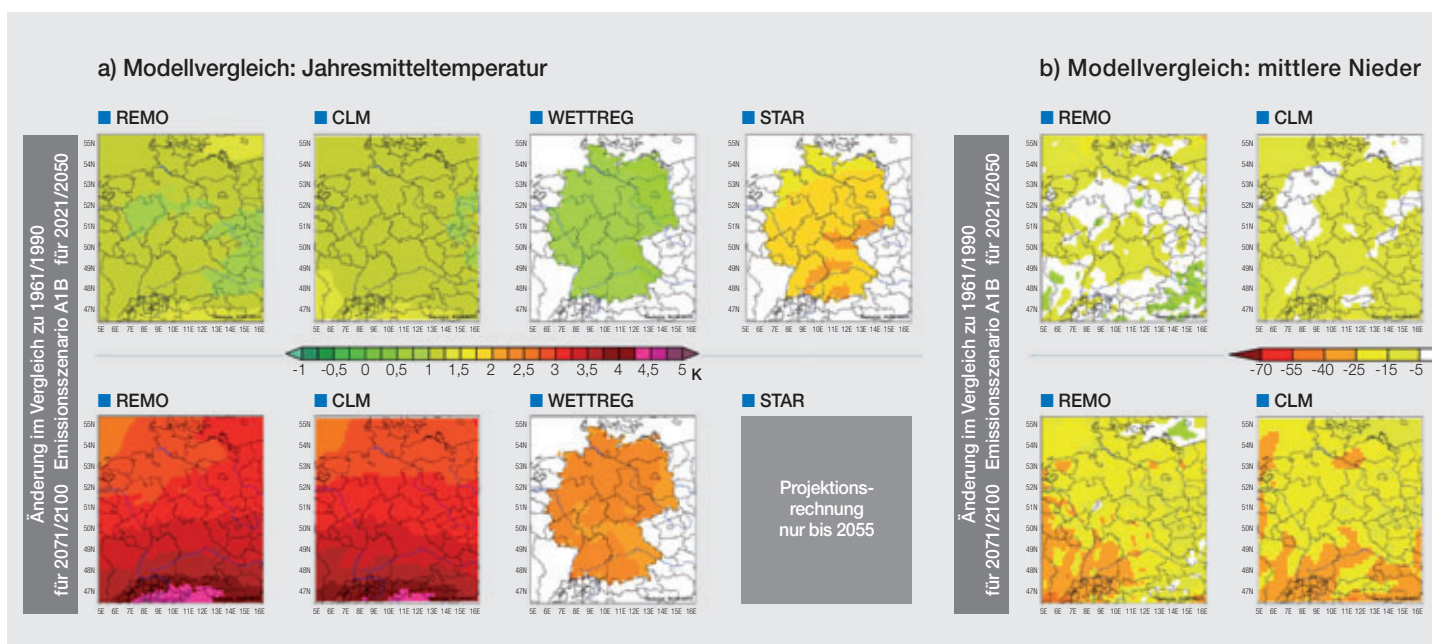


Abb. 1a-c: Modellvergleich der regionalen Klimamodelle REMO, CLM, WETTREG und STAR: Änderungen der Jahresmitteltemperatur sowie der mittleren Nieder

personenkühlschrank der Energieeffizienzklasse A++ verbrauchen würde (ca. 85 kWh/Jahr).

Klimawandel in Deutschland und Mitteleuropa

Deutschlandweit wird es im Jahresmittel wärmer, im Sommer heißer und trockener, im Winter milder und feuchter. Die regionalen Unterschiede innerhalb Deutschlands sind groß und teilweise gegenläufig zu den deutschlandweiten Trends. Die zeitliche und räumliche Variabilität des Klimas nimmt zu und damit die Zuverlässigkeit der Prognosen künftiger Wasserhaushaltsgrößen ab. Grundsätzlich steigt die Wahrscheinlichkeit von Extremereignissen wie Stürmen, Starkregen und Trockenperioden. Das sind in Kurzform die bis Ende des 21. Jahrhunderts für Deutschland von den meisten Studien erwarteten Klimaänderungen. Für die deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel sind deutschlandweit erwartete Änderungen mit den Regionalmodellen REMO, CLM, WETTREG und STAR für die Szenarien A2, A1B und B1 ermittelt worden. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse hinsichtlich der zu erwartenden Temperatur- und Niederschlagsänderungen zusammen. Abbildung 1a-c veranschaulicht die modellabhängig relativ großen Unterschiede der Szenarienrechnungen, sowohl was das Ausmaß der Änderungen als auch deren regionale Differenzierung anbelangt. Für weitere Erläuterungen zu Modellen, Szenarien und Unsicherheiten s. a. Infobox auf S. 52).

Regionale Differenzierung der Klimaänderungen

Auf der Basis deutschlandweiter und regionaler Studien [5] lassen sich die zu erwartenden Klimaänderungen weiter differenzieren. Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Angaben auf den Zeitraum bis 2100 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961-1990.

Temperaturen:

- Stärkste Erwärmung um bis zu 4 °C im Süden und Südosten im Winter (bis +6 °C im Alpenraum) und damit einhergehend eine Halbierung des Schneeanteils am Winterniederschlag von einem Drittel auf ein Sechstel.
- In den Küstenregionen von Nord- und Ostsee steigen die Temperaturen im Jahresdurchschnitt um bis zu 2,5 bis 2,8 °C.
- Anstieg der mittleren Fließgewässertemperaturen in Mitteleuropa um ca. 1 °C im 20. Jahrhundert und weiteres Ansteigen um ca. 1 bis 2 °C bis 2100.

Niederschläge:

- Keine Veränderung der Niederschlagsjahresmengen im deutschlandweiten Mittel. Geringfügige Abnahme im Osten bei gegenläufigem Trend im Süden (Bayern, Baden-Württemberg), Westen (Nordrhein-Westfalen, Saarland) und Nordwesten (Niedersachsen): leichte Zunahme um +5 bis +15 Prozent.
- In bereits heute relativ trockenen Regionen (z. B. ostdeutsche Länder, Franken, Oberpfalz) kann die klimatische Jahres-

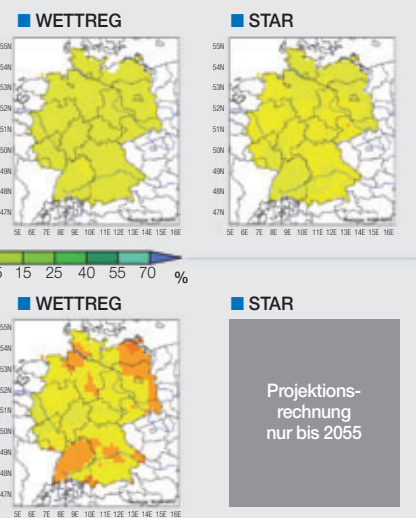
wasserbilanz (potenzielle Verdunstung > Niederschlag) dauerhaft negativ werden.

- Gesamtabflüsse können sich durch Verschiebung der Niederschläge in das Winterhalbjahr trotz sinkender Jahresniederschläge erhöhen. Saisonal kann Trockenheit dennoch deutlich zunehmen (Zunahme der Trockentage und Trockenperioden; für den Südwesten wird dieser Trend nicht bestätigt).
- Besonders starker Rückgang der Sommerniederschläge um bis zu 30 Prozent im Süden, Südwesten und Nordosten (um bis zu 50 Prozent im Nordosten Mecklenburg-Vorpommerns).
- Besonders große Zunahme der Winterniederschläge in den süd- und südwestdeutschen Mittelgebirgsregionen um mehr als ein Drittel.
- Mit klaren Aussagen über die Zunahme von hydrologischen Extremereignissen halten sich die meisten Studien noch zurück, die Aussagen sind sehr unterschiedlich und zum Teil widersprüchlich.

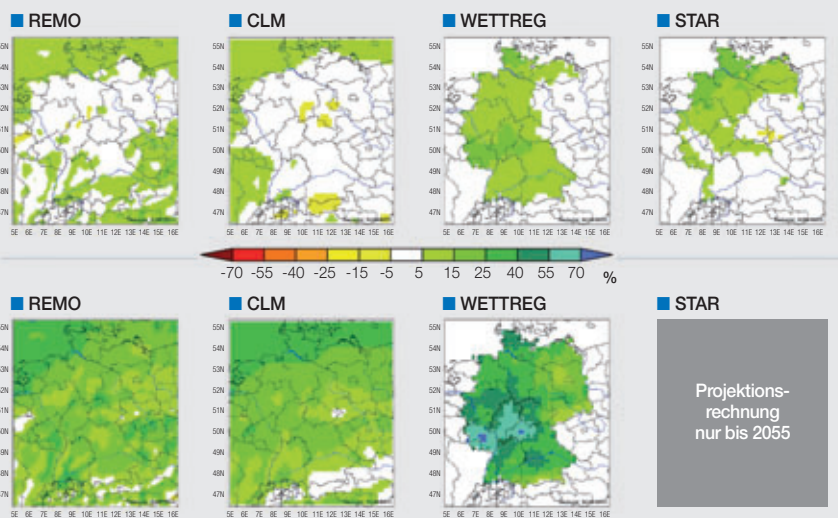
Bestehende Unsicherheiten und wachsende Variabilität des Klimas:

Die Unsicherheiten regionaler Klimamodelle sind nach wie vor relativ groß und besitzen einen aus Sicht der Trinkwasserversorgung zu geringen Detaillierungsgrad. Allerdings sind die zunehmende Variabilität des Klimas und eine größere Vielfalt möglicher Witterungsbedingungen Teil der künftigen klimatischen Verhältnisse. Die Wasserversorgung muss sich auch in Bezug auf ihre Ressourcenverfügbarkeit darauf einstellen, Entscheidungen unter Unsicherheit zu fällen: Aus langjährigen

schlagsmenge – Sommer



c) Modellvergleich: mittlere Niederschlagsmenge – Winter



Sommer- und Winterniederschläge für 2021/2050 und 2071/2100 im Vergleich zu 1961/1990

Quelle: [3] Datenquelle: REMO: MPI-Mi.A., des USA, 2006/CLM: MPI-M/M&D i.A. des BMBF, 2007/ WETTREG: Meteo Research i.A. des USA, 2006/STAR: PIK Potsdam, 2007

Tabelle 1: Mögliche Klimaänderungen in Deutschland im Vergleich zum Beobachtungszeitraum 1961-1990 [3]		
	2021-2050	2071-2100
Mögliche regionale Temperaturänderungen	<ul style="list-style-type: none"> +1,0 bis +2,2 °C im Jahresmittel 	<ul style="list-style-type: none"> +2,0 bis +4,0 °C im Jahresmittel +3,5 bis +4,0 °C im Wintermittel
Mögliche regionale Niederschlagsänderungen	<ul style="list-style-type: none"> 0 bis -15 % in der Jahressumme (vor allem im Osten) -5 bis -25 % in der Sommersumme 0 bis +25 % in der Wintersumme 	<ul style="list-style-type: none"> Um 0 in der Jahressumme -15 bis -40 % in der Sommersumme 0 bis +55 % (regional maximal: +70 %) in der Wintersumme

Zeitreihen abgeleitete Kenngrößen der Wasserverfügbarkeit sind unter Umständen keine zuverlässigen Informationsgrundlage mehr zur Einschätzung zukünftiger Verhältnisse.

Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung

Durch den Klimawandel werden bekannte Phänomene gehäuft oder verstärkt auftreten bzw. sich auf weitere Regionen ausbreiten. Das kann zum Beispiel das häufigere und intensivere Auftreten von Trockenperioden oder Hitzewellen bedeuten, auch in Regionen, die damit bislang nicht oder nur sehr selten konfrontiert sind. In Ausnahmefällen werden auch neue Phänomene wirksam; denkbar ist eine durch steigende Luft- und Wassertemperaturen mögliche Ausbreitung bislang in Deutschland nicht oder kaum verbreiteter Krankheitserreger. Grundsätzlich bedeutet das aber: Was auf die Wasserversorgungswirtschaft zukommt, ist nichts diffus Unbekanntes, sondern es sind Phänomene, mit deren Umgang bereits Erfahrungen vorliegen. Damit soll keine Entwarnung gegeben, sondern zu einer aktiven und sachlichen Auseinandersetzung ermutigt werden.

Quantitative und qualitative Aspekte eines veränderten Wasserdargebots

Wasser und Trinkwasser werden auch in Zukunft in Deutschland nicht knapp. Die öffentliche Trinkwasserversorgung nutzt heute nur noch ca. 3 Prozent der jährlich erneuerten Wassermenge [6]. Dennoch kann es lokal und zeitlich begrenzt durch Trockenperioden und Nutzungskonkurrenzen zu Knappheiten kommen.

Grundwasser:

- Dauerhafte sinkende und saisonal verringerte bzw. ausbleibende Grundwasserneubildung führt zu entsprechend sinkenden Grundwasserspiegeln.

- In Regionen mit zunehmender Grundwasserneubildung und größeren Grundwasservorkommen, wie z. B. Südhessen, wird eine dauerhafte Verbesserung der Dargebotssituation erwartet [7], die jedoch episodisch (sommerliche Trockenperioden) eingeschränkt sein kann. Die Dargebotssituation wird sich v. a. in Regionen verschlechtern, in denen (saisonal) verringerte Neubildung mit vergleichsweise kleinen Grundwasservorkommen einhergeht, da diese die Variabilitäten der Niederschläge weniger gut puffern können.
- Besonders sensibel reagieren Quellschüttungen, die von kleinen und oberflächennahen Einzugsgebieten gespeist werden, auf Veränderungen des Wasserdargebots [8].
- Starkregen- und Hochwasserereignisse führen zu erhöhtem Eintrag sediment- und partikelgebundener Stoffe in Karst- und Kluftgrundwasserleiter (Beeinträchtigung Rohwasserqualität, erhöhte Trübungswerte).
- Sinkende Grundwasserspiegel verursachen geringere Saughöhen und Vordrucke bis hin zu Kavitationsproblemen bei Brunnenpumpen; im Extremfall kann es zum Trockenfallen von Brunnen kommen; je nach geologischen Gegebenheiten ermöglicht ein geringerer Auflagedruck ein Aufsteigen mineralisierten Tiefenwassers und damit die Versalzung für die Gewinnung genutzter Aquifere.
- In den Küstenregionen kann es durch den Meeresspiegelanstieg zu einem Eindringen salzhaltigen Wassers in küstennahe Aquifere kommen.

Seen und Talsperren:

- Saisonal und episodisch sinkende See- und Talsperrenspeiegel verringern die Rohwasserverfügbarkeit häufig genau dann, wenn der Bedarf besonders groß ist. Der Spitzenbedarf wird dort, wo vermehrte

und längere Hitze- und Trockenperioden erwartet werden, weiter zunehmen.

- Die Folge sind geringere Saughöhen und abnehmender Vordruck an den Entnahmestellen. Des Weiteren sinkt die Pufferkapazität gegenüber belastenden Zuflüssen, erhöhen sich die Stoffkonzentrationen und die Steuermöglichkeiten zur Wasserentnahme werden eingeschränkt [9].
- Starkregen- und Hochwasserereignisse führen zu erhöhtem Eintrag sediment- und partikelgebundener Stoffe (Beeinträchtigung der Rohwasserqualität, erhöhte Trübungswerte).

Fließgewässer:

- Extreme Niedrigwasserführung der Flüsse kann zur Einschränkung oder zur Einstellung von Wasserentnahmen führen. Nutzungskonkurrenzen können die Situation verschärfen, z. B. bei industrieller Kühlwasserentnahme aus demselben Gewässer.
- Mit Abnahme der Wasserführung steigen tendenziell die Stoffkonzentrationen und beeinträchtigen die Rohwasserqualität, auch bei der Entnahme von Flusswasser zum Zwecke der Grundwasseranreicherung oder bei der Gewinnung von Uferfiltrat.
- Starkregen- und Hochwasserereignisse führen zu erhöhtem Eintrag sediment- und partikelgebundener Stoffe (Beeinträchtigung der Rohwasserqualität, erhöhte Trübungswerte).
- Extreme Hochwasserereignisse stellen gegebenenfalls eine Gefährdung der Anlagen- und Netzinfrastruktur dar mit Auswirkungen auf Trinkwasserqualität und Versorgungssicherheit.

Ob durch die dauerhaft oder zeitlich begrenzte Verringerung des Wasserdargebots eine kritische Situation für die Wasserversorgung entsteht, hängt von einer Vielzahl lokaler Faktoren ab, die individuell analysiert werden müssen. Ist die eigene Gewinnung bzw. der eigene Bezug flexibel genug, um auf den (temporären) Ausfall einzelner Gewinnungsarten/-gebiete reagieren zu können? In welchem Umfang sind konkurrierende Wassernutzungen vorhanden und nehmen gegebenenfalls an Bedeutung zu (v. a. landwirtschaftliche Bewässerung)? Welche Entwicklung des Wasserabsatzes (mittlere und Spitzenbedarfe) ist zu erwarten?

Steigende Luft-, Rohwasser- und Trinkwassertemperaturen:

- Durch höhere Lufttemperaturen erhöht sich der vertikale Temperaturgradient in

Seen und Talsperren. Thermisch bedingte Schichtungen werden tendenziell stabiler; die für die Erneuerung und Sauerstoffzufuhr des für die Trinkwassergewinnung in der Regel entscheidenden Tiefenwassers erforderlichen Vollzirkulationen werden seltener und kürzer und können in Einzelfällen auch ganz ausbleiben. Für den Bodensee wird bereits eine zunehmend unzureichende winterliche Durchmischung und damit Tiefenwasseranreicherung beobachtet [10].

- Höhere Temperaturen begünstigen grundsätzlich biologische und chemische Prozesse in den in erster Linie betroffenen Oberflächengewässern; ob dadurch die Rohwasserqualität beeinträchtigt wird, hängt von weiteren Randbedingungen wie der Nährstoff- und Sauerstoffverfügbarkeit ab. Befördern diese beispielsweise den Algenwuchs, kann es zu Algenblüten und zur Freisetzung bakterieller Exo- und Endotoxine kommen.
- Höhere Luft- und Bodentemperaturen wirken sich auch auf die Temperatur des Trinkwassers im Verteilungsnetz aus. Ob damit die Gefahr der Wiederverkeimung steigt, hängt vom Zustand und Betrieb des Netzes ab. Dort, wo ohnehin die Tendenz zur Wiederverkeimung durch hohe AOC-Gehalte oder instabilen Netzbetrieb gegeben ist, wird diese durch höhere Temperaturen verstärkt [9].
- Die Ausbreitung von vorhandenen oder unter den heutigen klimatischen Bedingungen noch nicht verbreiteten Krankheiten wird tendenziell durch höhere Wassertemperaturen begünstigt, wenn deren Erreger oder Überträger (Vektoren; z. B. Mücken als Überträger von Malaria und Dengue-Fieber) wassergebunden sind. Eine Übertragung auf den Menschen durch die Aufnahme kontaminierten Wassers würde am ehesten in Badegewässern erfolgen. Die Überwachung und Aufbereitung potenziell gefährdeter Rohwässer für die Trinkwassergewinnung (Oberflächen- und Quellwasser, oberflächennahes Grundwasser) ist in der Regel bereits heute auf das Auftreten von Krankheitserregern durch entsprechende Verfahren und Multi-Barrieren-Prinzip eingestellt [11, 12].
- Höhere Wassertemperaturen ändern die Viskosität des Wassers, was zu Problemen bei der Filtrerrückspülung führen kann.

Indirekte Folgen:

- Höhere Bodentemperaturen begünstigen die Mineralisation im Boden und die stoffliche Belastung des Sickerwassers. Die tendenziell zunehmende sommerliche Austrocknung der Oberböden

hemmt diese Prozesse jedoch. Umsatz und Verlagerung der sich akkumulierenden Stoffe verschieben sich bis zur herbstlichen Wiedervernässung.

- Zunahme des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfs durch abnehmende Niederschläge in der Vegetationsperiode und potenzielle Intensivierung der Landwirtschaft (Energiepflanzenanbau, Verlängerung der Vegetationsperiode).
- Zunahme des Energiepflanzenanbaus führt zu einer Intensivierung der Landwirtschaft mit steigendem Bewässerungs-, Dünge- und Pflanzenschutzmittelbedarf, u. a. auch auf heute nur noch extensiv bewirtschafteten Flächen.
- Nutzungskonflikte: Lokal und zeitlich begrenzt können Situationen auftreten, in denen das verfügbare Wasserdargebot nicht ausreicht, um die Nachfrage aller Nutzer (Haushalte, Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie) zu befriedigen.
- Zunahme des Spitzenbedarfs in Trocken- und Hitzeperioden (z. B. Sommer 2003). Bei gleichzeitig sinkenden Durchschnittsverbräuchen stellt das Planung, Bau und Betrieb der Versorgungsinfrastruktur vor neue Herausforderungen.

Wechselwirkungen mit anderen Rahmenbedingungen der Wasserversorgung:

Parallel zum Klimawandel verändern auch andere Faktoren die Rahmenbedingungen der Wasserversorgung. Ein Beispiel ist der Bevölkerungsrückgang in vielen Regionen Ostdeutschlands oder Teilen des Ruhrgebiets. Er führt aktuell und den entsprechenden Prognosen zufolge auch in den kommenden Jahrzehnten zu einem Rückgang des Wassergebrauchs [13]. Das kann die Folgen eines verringerten Wasserdargebots relativieren. In ihrer Kombination führen Bevölkerungsrückgang, verändertes Abnahmeverhalten der Industrie und Klimawandel aber zu einer Spreizung zwischen Grund- und Spitzenbedarf der Wasserversorgung: Schrumpfende Abnehmerzahlen und technologische Entwicklung lassen den mittleren Bedarf weiter sinken, während in Hitze- und Trockenperioden der Spitzenbedarf ansteigt. Zusätzlich erhöhen klimabedingt steigende Wassertemperaturen im Netz in Kombination mit verbrauchsrückgangsbedingter Stagnation das Risiko hygienischer Probleme.

Anpassungsmöglichkeiten der Wasserversorgung

Anpassung an den Klimawandel ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das gilt auch für die Anpassung an verän- ►



Komplett-ausrüstung aus Edelstahl

Zuverlässig in der Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Biogasanlagen

HUBER bietet Produkte und Lösungen aus Edelstahl an, die sich durch Qualität und Hochwertigkeit auszeichnen und in den verschiedensten Bereichen eingesetzt werden können.

Unsere Produkte bieten:

- Unübertroffene Lebensdauer
- Optimalen Korrosionsschutz
- Planungssicherheit
- Wirtschaftlichkeit
- Sicherheit für Mensch und Umwelt

info@huber.de
www.huber.de

HUBER
TECHNOLOGY

Modelle, Szenarien und Unsicherheiten

Die Unsicherheiten, mit denen gerade die Ergebnisse regionaler Klimamodelle nach wie vor verbunden sind, haben verschiedene Ursachen.

- a) Das System Klima ist komplex und nach wie vor nicht in allen Zusammenhängen verstanden geschweige denn modelltechnisch vollständig abgebildet. Das bedeutet im Umkehrschluss nicht, dass die Modelle schlecht sind. Die Abbildung der historisch belegten Veränderungen des Klimas ist mittlerweile gut und lässt auch keinen anderen Schluss zu: Nur mit natürlichen Zusammenhängen und ohne die anthropogenen Treibhausgasemissionen lassen sich diese Veränderungen nicht erklären. Erst wenn man diese in den Modellen berücksichtigt, werden die beobachteten Veränderungen plausibel.
- b) Klimamodelle verwenden Szenarien der künftigen Treibhausgasemissionen als Ausgangsdaten. Diese werden auf Grundlage von Annahmen zu den künftigen demografischen, wirtschaftlichen, sozialen und politischen Entwicklungen definiert. Allgemein anerkannter Stand der Wissenschaft sind die mittlerweile 6 verschiedenen Szenarien des IPCC. Die in diesem Aufsatz zitierten Modellrechnungen beziehen sich auf die Szenarien A2, A1B und B1, die von hohen, mittleren bzw. niedrigen Level der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2100 ausgehen. Dadurch wird eine große Bandbreite möglicher Entwicklungen abgedeckt.
- c) Die Aussagen des IPCC stützen sich auf mehrere Globalmodelle. Eines davon ist das ECHAM5 des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg. Bei der Konkretisierung der Ergebnisse der globalen Klimamodellierung für Deutschland dienen die mit ECHAM5 erzielten Ergebnisse als Input der Regionalmodelle CLM, REMO, STAR und WETTREG.

Um möglichst sichere Aussagen zum Klimawandel zu erhalten, berücksichtigt man die Ergebnisse verschiedener Modelle und Szenarien. Dadurch entstehen mehr oder weniger große Bandbreiten, innerhalb derer z. B. Temperatur- und Niederschlagsänderungen wahrscheinlich sind. Das macht die Aussagen einerseits unkonkreter, aber andererseits erhöht es die Wahrscheinlichkeit, dass sich die tatsächliche Entwicklung in der angegebenen Bandbreite bewegen wird. Seriöse Aussagen zu Klimaänderungen geben die verwendeten Szenarien und Modelle an. Nur so lässt sich deren Aussagekraft genauer einschätzen. Dennoch ist auch die Wasserversorgung dringend auf eine Verbesserung der Modellierung und die räumliche wie zeitliche Auflösung ihrer Ergebnisse angewiesen.

derte Rahmenbedingungen der Wasserwirtschaft und Trinkwasserversorgung. Mit den Beiträgen der Wasserversorgung setzen sich Branche und begleitende Forschung intensiv auseinander [14]. Die betrieblich-technischen Maßnahmen der Versorger allein reichen nicht aus. Das Handeln weiterer Akteure ist gefordert: Politik und Verwaltung im Hinblick auf rechtliche und finanzielle Rahmenbedingungen, gezielte Information der Öffentlichkeit und im Hinblick auf unbequeme Entscheidungen, wenn es beispielsweise darum geht, bei knapper werdendem Wasserdargebot die Sicherheit und Qualität der Trinkwasserversorgung als hohes öffentliches Gut zu gewährleisten. Mit im Boot sind aber auch die anderen wirtschaftlichen Akteure und Wassernutzer, deren Handeln auf einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser ausgerichtet sein muss.

Auf Ebene der Wasserversorgung erfordert die Identifizierung geeigneter Anpassungsmaßnahmen eine individuelle und umfassende Situationsanalyse: Von welchen Auswirkungen ist ein Versorgungssystem betroffen? Welche Betriebsteile oder Prozesse sind besonders empfindlich gegenüber den erwarteten Auswirkungen? Welche Anpassungsmöglichkeiten bieten der laufende Betrieb, die etablierten Managementinstrumente? Worauf ist bei künftigen Investitionen zu achten? Entscheidend ist die Integration der so gewonnenen Kenntnisse in die betrieblichen Planungs- und Entscheidungsprozesse.

Wasserwirtschaft und Ressourcenschutz:

- Erstellen langfristiger Wasserdarstellungsprognosen unter Berücksichtigung der eingangs beschriebenen Bandbreiten und Unsicherheiten

- Anpassung der Überwachungsnetze auf zu erwartende Rohwasserbelastungen
- Integriertes, Güte- und Mengenaspekte berücksichtigendes Ressourcenmanagement
- Kooperation mit konkurrierenden Wassernutzern bei zu erwartender Verknappung des Wasserdargebots
- Sicherung der Trinkwasserversorgung durch die raumordnerische und wasserwirtschaftliche Planung als hoheitliche Aufgabe

Flexibilisierung durch Vernetzung und redundante Strukturen:

- Redundante Gewinnungssysteme ermöglichen ein flexibles Kombinieren verschiedener Rohwasser- und Gewinnungsarten. Das kann durch die Schaffung von Verbundstrukturen erfolgen (Erschließung zusätzlicher eigener Rohwasserquellen, Verknüpfung benachbarter ortsnaher Eigenversorgungen, Anschluss an Fernwasserversorgungssysteme).

Gewinnung, Aufbereitung und Netzbetrieb:

- Anpassung von Brunnen- und Pumpenanlagen an sich verändernde Rahmenbedingungen (z. B. dauerhaftes oder temporäres Absinken von Grundwasser- oder Talsperrenspiegeln)
- Anpassung der Wasseraufbereitung an veränderte Rohwasserbeschaffenheiten und veränderte Belastungsspitzen
- gegebenenfalls Nachdesinfektion in Speicherung und Verteilung
- Anpassung der Anlagen- und Netzinspektion
- Netzverluste reduzieren bzw. dauerhaft gering halten

Risiko- und Krisenmanagement:

Starkregen- und Hochwasserereignisse, aber auch lang anhaltende Trockenheit können zu Störungen des Betriebsablaufs und in Ausnahmefällen bis hin zum vorübergehenden Ausfall einer Wasserversorgung führen. Die neuen DVGW-Hinweise W 1001 und W 1002 geben den Versorgern Hilfestellung für das Risikomanagement im Normbetrieb und im Krisenfall.

Effiziente Wassernutzung und Wassersparen:

Effiziente Wassernutzungstechnologien sind in Deutschland weit entwickelt und werden flächendeckend eingesetzt. Verändertes Verbrauchsverhalten und wasser-

sparende Armaturen und Geräte lassen den Wassergebrauch in den Haushalten seit Ende der 1980er-Jahre auf heute 124 Liter pro Kopf und Tag im Bundesdurchschnitt sinken. Durch den Einsatz von Regen- oder Grauwassernutzungsanlagen kann sich die Wasserabgabe an Haushalte und Gewerbe weiter reduzieren. Eine Reduzierung der für die Anlagen- und Netzplanung entscheidenden Spitzenbedarfe ist dadurch jedoch nicht zu erzielen. Die Folge ist eine weitere Spreizung zwischen mittlerem Bedarf und Spitzenbedarf, was tendenziell zu längeren Verweilzeiten und Stagnationserscheinungen im Verteilungsnetz führen kann.

Dezentrale Versorgungsinfrastrukturen:

Innovative Technologien sind auch im Bereich der Versorgungsinfrastruktur gefordert. Einige Autoren betonen, dass dezentrale und kleinräumige Versorgungsinfrastrukturen künftig eine größere Bedeutung bekommen werden, da mit ihnen flexibler auf sich verändernde Rahmenbedingungen reagiert werden kann [15]. Im Hinblick auf die Herausforderungen des Klimawandels und die Einhaltung hygienischer Standards wird dies auch kritisch gesehen [16, 17]. Die Gewährleistung von Qualität und Sicherheit der Versorgung ist mit isolierten dezentralen Versorgungssystemen tendenziell schwieriger als mit vernetzten Systemen, da sie normalerweise in der Wassergewinnung von einer Anlage und Rohwasserquelle abhängig sind und nur beschränkte strukturelle, personelle und institutionelle Kapazitäten besitzen, um auf veränderte Rahmenbedingungen oder Betriebsstörungen zu reagieren. Damit wird nicht der Entwicklung großer Verbundsysteme das Wort geredet; effektive und effiziente Lösun-

gen ergeben sich nur aus der umfassenden Analyse der Gesamtzusammenhänge vor Ort.

Unterstützung und Informationsmöglichkeiten für Wasserversorger

Viele Versorger reagieren bereits auf die Anforderungen des Klimawandels und stellen ihre Erfahrungen der Branche auf Veranstaltungen und in Veröffentlichungen zur Verfügung. Als Beispiele seien das DVGW-Forum „Klimawandel und Wasserversorgung“ im Oktober 2007 [18] und das 20. Mülheimer Wassertechnische Seminar im November 2007 [19] genannt.

Aktivitäten des Bundes und der Länder:

Die Bundesregierung hat 2008 die Entwicklung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) an den Klimawandel beschlossen. Bis März 2011 soll ein Aktionsplan zur Klimaanpassung vorgelegt werden, der für alle betroffenen Gesellschafts- und Wirtschaftsbereiche den Anpassungsbedarf ermittelt und die Handlungsmöglichkeiten und -prioritäten des Bundes festlegt. Der DVGW wird in diesen Prozess Perspektive und Expertise der Wasserversorgung einbringen.

Fast alle Bundesländer haben mittlerweile Studien zu den Auswirkungen des Klimawandels vorgelegt und zum Teil auch schon mit Aussagen zu Anpassungsmaßnahmen, z. B. für die Wasserwirtschaft, unterlegt. Im Informationsangebot der DVGW-Homepage zum Klimawandel findet sich eine Übersicht des aktuellen Stands der Aktivitäten in den Ländern.

Das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass) im Umweltbundes-

amt ist der zentrale Ansprechpartner für Anpassungsaktivitäten in Deutschland. Sie informiert über die DAS, Aktivitäten in den Ländern und weitere Forschungsprojekte. Außerdem werden gezielt Informationen für verschiedene Sektoren einschließlich Wasserwirtschaft aufbereitet (www.anpassung.net). Die Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle informiert über die Arbeit des Weltklimarates und gibt u. a. deutschsprachige Ausgaben seiner Berichte heraus (www.de-ipcc.de/).

Forschungsprogramme und -projekte:

Es existiert mittlerweile eine Vielzahl bereits abgeschlossener oder laufender Programme und Projekte, die sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf den Wassersektor beschäftigen. Hervorzuheben sind die vom BMBF finanzierten Projekte GLOWA Donau und GLOWA Elbe (www.glowa.org) sowie das von den Ländern Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz getragene Projekt KLIWA (www.kliwa.de). In der groß angelegten Fördermaßnahme klimazwei ließ das BMBF von 2006 bis 2009 technologische und wirtschaftliche Antworten auf den Klimawandel entwickeln (www.klimazwei.de).

Das 2009 begonnene BMBF-Forschungsprogramm Klimawandel zukunftsfähig gestalten (KLIMZUG) fördert über fünf Jahre sieben Verbundvorhaben, die Anpassungsstrategien beispielhaft für verschiedene Regionen in Deutschland entwickeln. Der Schwerpunkt liegt auf der Kooperation regionaler Akteure und Entscheidungsträger in Gesellschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik. Konkrete Fragen der Trinkwasserversorgung vom Ressourcenmanagement bis zum Netzbetrieb werden in den Projekten DynAKlim (Praxispartner: ►

**Wärme, Wasser, Strom, Gas:
Alle Energiedaten im Griff.**



Die Zeit ist reif für einen nachhaltigen Umgang mit Wasser und Energie, zum Wohl von Mensch und Umwelt – Smart Metering ist die Antwort. DIEHL Metering liefert das komplette Portfolio an intelligenter Messtechnik; zur Auslesung von Wasser, thermischer Energie, Gas und Strom auf einer zentralen Systemplattform. Unser neuer Ultraschall-Wasserzähler HYDRUS schafft mit integrierter Kommunikation echte Zählerstände und damit die perfekte Datenbasis für Smart Metering. Weitere Informationen unter: www.hydrometer.de

DIEHL
Metering

HYDROMETER






RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerke), KLIMZUG-Nord (Praxispartner: Hamburg Wasser) und REGKLAM (Praxispartner: LTV und Stadt Dresden) bearbeitet (www.klimzug.de).

Aktivitäten des DVGW:

Der DVGW beteiligt sich auf europäischer und nationaler Ebene an den Aktivitäten zur Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Hier gilt es, die Perspektive und das Know-how der Wasserversorgungswirtschaft in die Identifizierung von Handlungsoptionen und die Entwicklung von Maßnahmen einzubringen. Der DVGW wirkt darauf hin, dass das erreichte hohe Qualitäts- und Sicherheitsniveau der Trinkwasserversorgung durch die Anpassung an den Klimawandel dauerhaft gesichert wird. Dabei muss allen Beteiligten immer wieder klar gemacht werden, dass der Schutz und der nachhaltige Umgang mit der Ressource Wasser eine sektorübergreifende und gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist, zu der die Wasserversorgungswirtschaft ihren Teil beiträgt, die sie aber nicht alleine leisten kann.

In diesem Zusammenhang bereiten die Lenkungs Komitees „Wasserwirtschaft, Wassergüte, Wasserwerke“ und „Wasserversorgungssysteme“ eine Stellungnahme zur Anpassung an den Klimawandel vor, die auch in die Entwicklung des Aktionsplans der Deutschen Anpassungsstrategie eingebracht werden soll.

Weitere fortlaufende Aufgaben sind die Information und Unterstützung der Mitglieder und die Berücksichtigung des Klimawandels bei der Weiterentwicklung des Regelwerks. Auf den Infoseiten zum Klimawandel der DVGW-Homepage werden Praxisbeispiele aus Versorgungsunternehmen, weitere Forschungsprojekte und -vorhaben mit direktem Bezug zur Trinkwasserversorgung sowie die Aktivitäten des Bundes und der Länder vorgestellt: www.dvgw.de/wasser/ressourcenmanagement/klimawandel/

Fazit

Für die Anpassung an den Klimawandel gibt es kein allgemeingültiges Handlungsmuster. Dafür sind die Auswirkungen auf Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung regional zu unterschiedlich und variieren von Wassereinzugsgebiet zu Wassereinzugsgebiet oder innerhalb eines Versorgungsgebietes. Anpassungsbedarf und Handlungsmöglichkeiten ergeben sich

immer aus den jeweiligen naturräumlichen Bedingungen, der technischen Struktur eines Versorgungssystems, den Wechselwirkungen mit anderen Faktoren wie Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, industrieller und landwirtschaftlicher Wassernutzung. Nicht zuletzt sind es auch die finanziellen, rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen, die die Gestaltungsspielräume eines Versorgers definieren. Viel hängt aber auch von der Bereitschaft in einem Versorgungsunternehmen ab, sich aktiv mit dem Thema Klimawandel auseinanderzusetzen, betriebseigenes und fremdes Know-how zu nutzen. Gerade die Unsicherheiten von Aussagen über künftige Auswirkungen und das Wissen über die zunehmende Variabilität klimatischer Verhältnisse müssen systematisch Eingang in die Ressourcenbewirtschaftung sowie Betrieb und Planung der Versorgungsinfrastruktur finden.

Literatur:

- [1] WWAP – World Water Assessment Programme (2009): The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO; London: Earthscan.
- [2] Europäische Kommission (2009): Weißbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen. KOM(2009) 147, Brüssel.
- [3] Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Beschluss des Bundeskabinetts vom 17. Dezember 2008. Langfassung, Zusammenfassung und Hintergrundpapier verfügbar unter www.bmu.de/klimaschutz/downloads/doc/42783.php
- [4] Plath, M., Möller, K. und Wichmann, K. (2008): Energieeffizienz und Energieeinsparung in der Wasserversorgung. In: ewp 9/2008: 52-55.
- [5] Arbeitskreis KLIWA 2006; Gerstengarbe et al. 2003; Jacob et al. 2008; MU 2008; MUNLV 2007; MWAT 2008; Stock 2005; WWF 2009; Zebisch et al. 2005 (die vollständige Literaturliste ist unter www.dvgw.de/wasser/ressourcenmanagement/klimawandel/ erhältlich).
- [6] ATT, BDEW, DBWW, DVGW, DWA und VKU (2008): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2008. Bonn.
- [7] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2007): Klimaschutzkonzept Hessen 2012. Wiesbaden.
- [8] Kämpf, M., Gerdas, H., Mikat, H., Berthold, G. und Roth, U. (2008): Auswirkungen des Klimawandels auf eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung. In: ewp 1/2008, S.49-53.
- [9] Willmitzer, H. (2007): Wasserqualität und Klimawandel. Temperaturlaufzeichnungen und Konsequenzen für die Wassergewinnung aus Talsperren. In: wwt 9/2007, S. 59-62.
- [10] Arbeitskreis KLIWA (2007): Zum Einfluss des Klimas auf den Bodensee. KLIWA-Berichte, Heft 11.
- [11] Stark, K., Niedrig, M., Biederbick, W., Merkert, H. und Hacker, J. (2009): Die Auswirkungen des Klimawandels. Welche neuen Infektionskrankheiten und gesundheitlichen Probleme sind zu erwarten? In: Bundesgesundheitsblatt 7/2009, S. 699-714.
- [12] UBA (2009): Gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel. Dessau.

- [13] Vgl. Michalik, P. und Standfuß, M. (2009): Die demografische Entwicklung und ihre Folgen für die Wasserversorgung. In: ewp 9/2009.
- [14] Castell-Exner, C. (2007): Klimawandel und Wasserversorgung. In: ewp 12/2007, S. 8-10; Merkel, W., Leuchs, W. und Odenkirchen, G. (2008): Herausforderungen des globalen Klimawandels für die Wasserwirtschaft in Deutschland: Praxisberichte, Handlungsfelder und Forschungsbedarf. In: gwf Wasser/Abwasser 4/2008, S. 332-337; Köster, S. (2008): Die deutsche Trinkwasserversorgung im (Klima-)Wandel. In: gwf Wasser/Abwasser 3/2008, S. 200-206.
- [15] Scheele, U. (2006): Versorgungssicherheit und Qualitätsstandards in der Wasserversorgung – neue Herausforderungen unter veränderten Rahmenbedingungen. netWORKS-Papers, H. 23.
- [16] Staben, N. (2007): Technische Möglichkeiten der alternativen Gestaltung städtischer Wasser- und Abwasserinfrastruktur. netWORKS-Papers, H. 24.
- [17] Ecologic und PIK (2008): Impacts of climate change on water resources – adaptation strategies for Europe. UBA-Texte 23/08, Abschlussbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 205 21 200 im Auftrag des UBA, Dessau.
- [18] Forumsbeiträge stehen im Mitgliederbereich der DVGW-Homepage zum download bereit.
- [19] Tagungsband ist in der IWW-Schriftenreihe als Band 46 erschienen.

Autor:

Dr. Daniel Petry
 DVGW Deutsche Vereinigung
 des Gas- und Wasserfaches e. V.
 Technisch-Wissenschaftlicher Verein
 Josef-Wirmer-Str. 1-3
 53123 Bonn
 Tel.: 0228 9188-856
 Fax: 0228 9188-988
 E-Mail: petry@dvgw.de
 Internet: www.dvgw.de