

Klimawandel und Wasserversorgung



Quelle: wvgw

Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Anpassungsstrategien – eine Information der DVGW-Lenkungskomitees 1 „Wasserwirtschaft, Wassergüte, Wasserwerke“ und 2 „Wasserversorgungssysteme“

Der Klimawandel und die damit verbundenen Auswirkungen stehen seit Jahren im Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit. Im vergangenen Jahr haben der Weltwasserbericht der Vereinten Nationen, das Weltwasserforum im März in Istanbul, das Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel“ der EU-Kommission und der Bericht der Europäischen Umweltagentur zu Wasserknappheit und Dürren europaweit die Aufmerksamkeit auf folgende Frage gelenkt: Wie verändert der Klimawandel die Verfügbarkeit und Beschaffenheit des Wassers und wie kann sich der Mensch darauf einstellen?

Auch wenn Mitteleuropa im Vergleich zu anderen Teilen der Welt nach aktuellem Kenntnisstand nur mit relativ moderaten Veränderungen rechnen kann, wirken sich diese auch unmittelbar auf die Wasserversorgung aus. Das betrifft die Verfügbarkeit und Qualität des Rohwassers ebenso wie den Betrieb der Versorgungsinfrastruktur.

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 Wirt-

schaftsbereiche den Anpassungsbedarf ermittelt und die Handlungsmöglichkeiten und -prioritäten des Bundes festlegt. Der DVGW wird diesen Prozess aktiv für die Wasserversorgung begleiten.

Wasserversorger 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 DVGW stellt auf seiner Homepage eine Informationsplattform zur Anpassung an den Klimawandel zur Verfügung. Sie enthält Informationen zu den Aktivitäten des Bundes und der Länder, zu Forschungsprojekten und -vorhaben mit direktem Bezug zur Wasserversorgung sowie Praxisbeispiele aus Versorgungsunternehmen: www.dvgw.de/wasser/ressourcenmanagement/klimawandel/

Die vorliegende Information beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels und den Möglichkeiten der Anpassung an diese Auswirkungen. Ungeachtet dessen ist

sich die Wasserversorgungswirtschaft ihrer Verantwortung für die Reduzierung und Vermeidung von Treibhausgasemissionen bewusst. In einem DBU/DVGW-Forschungsprojekt wird derzeit das Thema Energieeffizienz und Energieeinsparung in der Wasserversorgung bearbeitet, mit dem Ziel, Optimierungspotenziale zu identifizieren und in einem Leitfaden für Versorgungsunternehmen praktische Möglichkeiten der Effizienzsteigerung aufzuzeigen.

Klimawandel in Deutschland

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. Konkrete quantitative Aussagen sind mit Unsicherheiten behaftet und können nur in relativ gro-

ßen Spannbreiten angegeben werden. Noch größer werden die Unsicherheiten, wenn man aus verschiedenen Klimafaktoren (z. B. Niederschlag, Temperatur, Verdunstung) abgeleitete Größen bestimmen will, wie z. B. die Veränderungen von Grundwasserneubildungsraten oder von Abflussregimen in Flusseinzugsgebieten.

Durch den Klimawandel können sich einige der vertrauten festen Größen, auf die sich Planungs- und Investitionsentscheidungen stützen, verändern: Aus langjährigen Zeitreihen abgeleitete Kenngrößen der Ressourcenverfügbarkeit sind keine zuverlässigen Informationsgrundlage mehr zur Einschätzung zukünftiger Verhältnisse. Die zunehmende Variabilität des Klimas und damit eine größere Vielfalt möglicher Witterungsbedingungen können Teil der künftigen klimatischen Verhältnisse sein. Die Entwicklung der klimabeeinflussten Bedingungen von Wasserversorgungssystemen müssen daher genau analysiert und beobachtet werden, um frühzeitig auf sich abzeichnende Trends reagieren zu können. Bei langfristigen Betriebs- und Investitionsentscheidungen sollte die erwartete Bandbreite klimatischer Veränderungen, von denen Anlagen- und Netzbetrieb betroffen sein können, berücksichtigt werden.

Auswirkungen auf die Wasserversorgung

Durch den Klimawandel können bekannte Phänomene gehäuft oder verstärkt auftreten bzw. sich auf weitere Regionen ausbreiten. Das kann zum Beispiel das häufigere und intensivere Auftreten von Trockenperioden, Hitzewellen oder Starkregenereignissen bedeuten, auch in Regionen, die davon bislang nicht oder nur sehr selten betroffen sind. Auf die Wasserversorgungswirtschaft kommt also nichts diffus Unbekanntes zu, sondern es sind in der Regel Phänomene, mit deren Umgang bereits Erfahrungen vorliegen. Damit soll keine Entwarnung gegeben, sondern vielmehr zu einer aktiven und sachlichen Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des Klimawandels ermutigt werden.

Quantitative und qualitative Aspekte eines veränderten Wasserdargebots

Im langjährigen Mittel zunehmende Niederschläge und Gesamtabflüsse können die Dargebotssituation in einigen Regionen durchaus verbessern, aber auch dort wird sich die Wasserwirtschaft auf saisonal oder episodisch verringerte Wasserverfügbarkeiten einstellen müssen. Ob durch die dauerhaft oder zeitlich begrenzte Verringerung des

Wasserdargebots eine kritische Situation für die Wasserversorgung entsteht, hängt von einer Vielzahl lokaler Faktoren ab, wie z. B.:

- Ist die eigene Gewinnung bzw. der eigene Bezug flexibel genug, um auf den (zeitweisen) Wegfall 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 Wassergebrauchs ist zu erwarten?

Folgende Auswirkungen eines veränderten Wasserdargebots zeichnen sich ab:

Grundwasser

- Dauerhaft sinkende und saisonal verringerte oder ausbleibende Grundwasserneubildung führt zu entsprechend sinkenden Grundwasserständen. Die Dargebotssituation wird sich v. a. in Regionen verschlechtern, in denen die (saisonal) verringerte Neubildung mit vergleichsweise kleinen Grundwasservorkommen einhergeht, da diese die Variabilitäten der Niederschläge weniger gut puffern können. Besonders sensibel reagieren Quellschüttungen auf Veränderungen des Wasserdargebots, die von kleinen und oberflächennahen Aquiferen gespeist werden.
- In Regionen, in denen die Grundwasserneubildung fast ausschließlich im Winterhalbjahr stattfindet und die Winterhalbjahre feuchter werden, ist hingegen mit steigenden mittleren Grundwasserständen zu rechnen. Dies kann – insbesondere in Kombination mit einem geringeren Wasserbedarf – zu Vernässungen und Schäden an Bauwerken führen.
- Durch Änderungen des Wasserdargebots kann es auch zu wesentlichen Änderungen der Grundwasserqualität kommen. So kann es z. B. bei ausbleibender Verdünnung belasteter Grundwasservorkommen zu Konzentrationsanstiegen im Rohwasser kommen.
- Sinkende Grundwasserspiegel bringen geringere Vordrucke mit sich, verursachen dadurch Kavitationsprobleme bei Brunnenpumpen und führen im Extremfall zum Trockenfallen von Brunnen.
- In den Küstenregionen kann es durch einen erwarteten Meeresspiegelanstieg zu einem Eindringen salzhaltigen Wassers in küstennahe Aquifere kommen.
- In Regionen mit zunehmender Grundwasserneubildung und größeren Grundwasservorkommen wird eine dauerhafte Verbesserung der Dargebotssituation erwartet.

Seen und Talsperren

- Saisonal und episodisch sinkende See- und Talsperrenspiegel verringern die Rohwasserverfügbarkeit in der Regel genau dann, wenn der Bedarf besonders groß ist.
 - Die Folge können geringere Mächtigkeiten des für die Wasserentnahme geeigneten Speichervolumens, ein kleinerer Anteil des kalten Tiefenwassers (Hypolimnion) und ein abnehmender Vordruck an den Entnahmestellen sein. Des Weiteren sinkt die Pufferkapazität gegenüber belastenden Zuflüssen und die Steuermöglichkeiten zur Wasserentnahme werden eingeschränkt.
 - Starkregenereignisse können zu einer Beeinträchtigung der Rohwasserqualität durch erosive Oberflächenabflüsse und einer Zunahme von Überläufen aus der Trenn- und Mischkanalisation mit der Folge höherer Einträge sediment- und partikelgebundener Stoffe und von Mikroorganismen führen.
 - Die Qualität kleiner und flacher Gewässer sowie von Gewässern höherer Trophie ist stärker von den Auswirkungen klimatischer Veränderungen betroffen als die Qualität tiefer und oligotropher Gewässer.
- ### **Fließgewässer**
- Mit steigender Häufigkeit von Starkregenereignissen steigt auch die Hochwassergefahr. Überschwemmungen können die Grundwasserqualität beeinträchtigen und Einträge aus Altlasten können zunehmen. Extrem hohe Wasserstände können zu Überstauungen von Uferfiltratgewinnungsanlagen führen und damit zum unmittelbaren Eintrag belasteten Oberflächenwassers.
 - Extreme Niedrigwasserführung der Flüsse kann zur Einschränkung oder zur Einstellung von Wasserentnahmen führen.
 - Mit Abnahme der Wasserführung steigen tendenziell die Stoffkonzentrationen und beeinträchtigen die Rohwasserqualität; dies ist auch bei der Entnahme von Flusswasser zum Zwecke der Grundwasseranreicherung oder bei der Gewinnung von Uferfiltrat relevant. Vor diesem Hintergrund kommt dem Verursacherprinzip eine besondere Bedeutung zu.
 - Starkregenereignisse können zu einer Beeinträchtigung der Rohwasserqualität durch erosive Oberflächenabflüsse und zu einer Zunahme von Überläufen aus der Trenn- und Mischkanalisation mit der Folge höherer Einträge sediment- und partikelgebundener Stoffe und von Mikroorganismen führen.

- Starkregen- und Hochwasserereignisse, aber auch lang anhaltende Trockenheit können zu Störungen des Betriebsablaufs und in Ausnahmefällen zum vorübergehenden Ausfall einer Wasserversorgung führen.

Steigende Luft- und Wassertemperaturen

- 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 (Hypolimnion) erforderlichen Vollzirkulationen werden seltener, kürzer und können in Einzelfällen auch ganz ausbleiben. Zusätzlich bildet sich durch längere Hitzeperioden eine tiefere Epilimnionzone aus, wodurch die Mächtigkeit des Hypolimnion reduziert wird. Für den Bodensee wird bereits eine zunehmend unzureichende winterliche Durchmischung und damit Tiefenwasseranreicherung beobachtet.
- Höhere Temperaturen beschleunigen grundsätzlich biologische und chemische Prozesse im Wasserkörper. In der Tendenz wird dies zu einer Beeinträchtigung der Rohwasserqualität führen, deren Ausmaß aber von weiteren Randbedingungen wie der Nähr- und Sauerstoffverfügbarkeit bestimmt wird. Fördern diese beispielsweise das Wachstum von Algen kann es zu Algenblüten und einer damit verbundenen Bildung von Geruchs- und Geschmacksstoffen sowie zur Freisetzung bakterieller Exo- und Endotoxine kommen. Des Weiteren kann es zu zeitlichen Verschiebungen von Wachstumsphasen bei Phyto- und Zooplankton kommen, in deren Folge heute funktionierende Fraßketten entkoppelt werden.
- Höhere Luft- und Bodentemperaturen können sich auch auf die Temperatur des Trinkwassers im Verteilungsnetz auswirken. Ob damit die Gefahr der Wiederverkeimung steigt, hängt vom Zustand und Betrieb des Netzes ab. Dort, wo ohnehin die Tendenz zur Wiederverkeimung besteht, wird diese durch höhere Temperaturen verstärkt.
- Die Ausbreitung verschiedener wassergebundener Krankheitserreger wird tendenziell durch höhere Luft- und Wassertemperaturen begünstigt. Beeinträchtigungen des Trinkwassers sind nur in Ausnahmefällen denkbar. In der Regel ist die Überwachung und Aufbereitung potenziell gefährdeter Rohwässer (Oberflächenwasser, oberflächennahes Grundwasser und Quellwasser) schon heute auf das Auftreten von Krankheitserregern eingestellt.

Indirekte Auswirkungen

- Höhere Bodentemperaturen begünstigen den Stoffumsatz und die Mineralisation im Boden und damit die stoffliche Belastung des Sickerwassers. Voraussetzung dafür ist jedoch ein ausreichender Wassergehalt des Bodens. Die tendenziell zunehmende sommerliche Austrocknung der Oberböden hemmt diese Prozesse. Umsatz und Verlagerung der sich akkumulierenden Stoffe verschiebt sich bis zur herbstlichen Wiedervernässung der ungesättigten Bodenzone und kann zu erheblichen Stoffausträgen (z. B. von Nitrat) im Sickerwasser führen.
- Intensivierung der Landwirtschaft mit steigendem Bewässerungs-, Dünge- und Pflanzenschutzmittelbedarf durch Zunahme des Energiepflanzenanbaus (u. a. auch auf heute nur noch extensiv bewirtschafteten Flächen), Verlängerung der Vegetationsperiode und abnehmende Niederschläge in der Vegetationsperiode.
- Durch Extremereignisse wie Starkniederschläge, Hagel oder Dürren kann es zu Missernten bis hin zur Vernichtung des gesamten Pflanzenaufwuchses kommen. Die ausgebrachten Düngemittel werden dann nicht von den Pflanzen aufgenommen bzw. verbleiben in den Pflanzenresten und können so zu erheblichen Nitrateinträgen ins Grundwasser führen.
- Nutzungskonflikte um lokal oder regional verfügbares Wasserdargebot: Lokal und zeitlich begrenzt können Situationen auftreten, in denen das lokal verfügbare Wasserdargebot nicht ausreicht, um die Nachfrage aller Nutzer (Wasserversorger, Haushalte, Landwirtschaft, Gewerbe und Industrie) zu befriedigen.
- Zunahme des Spitzenbedarfs: Beispiele wie der trockene Sommer 2003 zeigen, dass der Wassergebrauch während Trocken- und Hitzeperioden zunimmt. In Kombination mit einer rückläufigen Wasserabgabe, z. B. durch Bevölkerungsrückgang, verändertes Abnahmeverhalten der Industrie, resultiert daraus letztendlich eine Spreizung zwischen Grund- und Spitzenbedarf der Wasserversorgung. Dies stellt die Wasserversorger bei Planung, Bau und Betrieb der Versorgungsinfrastruktur vor neue Herausforderungen.
- Wenn extreme Niederschlagsereignisse und Hochwassergefährdung zunehmen, wird die Bewirtschaftung von Talsperren den Hochwasserschutz stärker berücksichtigen müssen, was den für die Trinkwassergewinnung nutzbaren Speicherraum reduzieren kann.

Anpassungsmöglichkeiten der Wasserversorgung

Die Anpassung an den Klimawandel ist grundsätzlich eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Das gilt auch für die Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen der Trinkwasserversorgung, auch wenn den Wasserversorgern hier eine Schlüsselrolle zukommt.

Der Wasserversorger sollte zur Identifizierung geeigneter Anpassungsmaßnahmen eine individuelle und umfassende Situationsanalyse durchführen, die sich u. a. an den folgenden Fragen orientieren kann:

- Von welchen Auswirkungen ist ein Versorgungssystem betroffen?
- Welche Betriebsteile oder Prozesse sind besonders empfindlich gegenüber den erwarteten Auswirkungen?
- Welche Anpassungsmöglichkeiten bieten der laufende Betrieb und die etablierten Managementinstrumente?
- Worauf ist bei künftigen Investitionen zu achten?

Entscheidend ist die fortlaufende Integration der so gewonnenen Kenntnisse in die betrieblichen Planungs- und Entscheidungsprozesse.

Im Folgenden wird ein Überblick über mögliche Handlungsoptionen zur Anpassung an den Klimawandel gegeben.

Wasserrwirtschaft und Ressourcenschutz

- Trendanalysen und Erstellen langfristiger Wasserdargebotsprognosen
- Gebietsspezifische Anpassung der Überwachungsnetze und Monitoringprogramme, um fundierte Abschätzungen möglicher Qualitätsänderungen vornehmen zu können
- Integriertes, Güte- und Mengenaspekte berücksichtigendes Ressourcenmanagement
- Sicherung der Trinkwasserversorgung durch die raumordnerische und wasserwirtschaftliche Planung und Genehmigungspraxis als hoheitliche Aufgabe

Gewinnung, Aufbereitung und Netzbetrieb

- Redundante Gewinnungssysteme ermöglichen ein flexibles Kombinieren verschiedener Rohwasser- und Gewinnungsarten. Das kann durch die Schaffung von Verbundstrukturen erfolgen (Erschließung zusätzlicher eigener Rohwasserquellen, Verknüpfung benachbarter ortsnahe Eigen-



...sich auf
sein Material
verlassen können!

**Versorgungsnetze aus
duktilen Gusseisen
haben eine sehr
geringe Schadensrate.**

**SAINT-GOBAIN
PAM DEUTSCHLAND
GmbH & Co. KG**
Saarbrücker Straße 51
66130 Saarbrücken
Tel. 0681/8701-593
Fax 0681/8701-604
www.pamline.de
www.pamapplications.de
www.viatop.de

versorgungen, Anschluss an Fernwasser-
versorgungssysteme).

- Anpassung von Brunnen- und Pumpen-
anlagen an sich verändernde Rahmen-
bedingungen (z. B. dauerhaftes oder zeit-
weises Absinken von Grundwasserständen
oder Wasserständen in Talsperren)
- Anpassung der Wasseraufbereitung an
zu erwartende neue oder veränderte
Rohwasserbeschaffenheiten
- Schaffung von Möglichkeiten zur Nach-
desinfektion in Speicherung und Vertei-
lung
- Schaffung von größeren Speicherkapazi-
täten in den Werken und Netzen zur Si-
cherstellung der Versorgung bei steigen-
dem Spitzenbedarf
- Anpassung von Netzinspektion und Netz-
spülungen
- Netzverluste dauerhaft gering halten

Organisation und Management

- Anpassung der betriebliches Organisati-
onsaufbaus und -ablaufs in Bezug auf
Risiko- und Krisenmanagement an die
zu erwartenden Veränderungen

**Handlungsoptionen der Politik,
Wissenschaft und Wasser-
versorger zur Anpassung an
die Folgen des Klimawandels**

Für die Anpassung an den Klimawandel gibt
es kein allgemeingültiges Handlungsmuster.
Dafür sind die Auswirkungen auf Gewin-
nung, Aufbereitung und Verteilung regional
zu unterschiedlich und variieren zwischen
den Wassereinzugsgebieten oder innerhalb
eines Versorgungsgebietes. Anpassungsbe-
darf und Handlungsmöglichkeiten ergeben
sich immer aus den jeweiligen naturräumli-
chen Bedingungen, der technischen Struk-
tur eines Versorgungssystems, den Wechsel-
wirkungen mit anderen Faktoren wie Be-
völkerungs- und Wirtschaftsentwicklung,
industrieller und landwirtschaftlicher Wasser-
nutzung. Nicht zuletzt sind es auch die recht-
lichen und politischen Rahmenbedingun-
gen, die die Gestaltungsspielräume eines
Wasserversorgers definieren. Viel hängt aber
auch von der Bereitschaft in einem Versor-
gungsunternehmen ab, sich aktiv mit dem
Thema Klimawandel auseinanderzusetzen,
betriebseigenes und fremdes Know-how zu
nutzen. Gerade die Unsicherheiten von Aus-
sagen über künftige Auswirkungen und das
Wissen über die zunehmende Variabilität kli-
matischer Verhältnisse müssen systema-
tisch analysiert werden und Eingang in die
Ressourcenbewirtschaftung sowie den Be-
trieb und die Planung der Versorgungsinfra-
struktur finden. Dabei muss allen Beteiligten
immer wieder klargemacht 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.

Vor diesem Hintergrund sieht der DVGW
es als notwendig an, dass Politik, Wis-
senschaft und Wasserversorger sich aktiv
für folgende Rahmenbedingungen ein-
setzen:

- Einräumen des Vorrangs der Trinkwas-
sernutzung vor allen anderen Nutzungen
der Trinkwasserressourcen in Wasserein-
zugsgebieten
- Sicherung der Trinkwasserversorgung
durch die raumordnerische und wasser-
wirtschaftliche Planung und Genehmi-
gungspraxis als hoheitliche Aufgabe
- Sicherung ausreichender Wasserrechte
zur Spitzenbedarfsdeckung
- Vorrang der öffentlichen Wasserversor-
gung bei unsicherer Stromversorgung
- Aufnahme von Wasserversorgungsanla-
gen in die Überlegungen des Hochwas-
serschutzes
- Bereitstellen von Basisdaten aus überre-
gionalen Modellen für regionale Modelle
(z. B. Grundwassermodelle) zur Ressour-
cenbewirtschaftung
- Begrenzung des landwirtschaftlichen
Bewässerungsbedarfs durch die Ent-
wicklung trockenresistenter Sorten und
Fruchtfolgen für die Landwirtschaft sowie
deren verbindliche Anwendung
- Optimierung der Versorgungssicherheit,
u. a. durch den Aufbau von Verbund-
strukturen

Kontakt:

Dr. Claudia Castell-Exner
DVGW Deutsche Vereinigung
des Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-Wissenschaftlicher Verein
Josef-Wirmer-Str. 1-3
53123 Bonn
Tel.: 0228 9188-650
Fax: 0228 9188-988
E-Mail: castell-exner@dvgw.de
Internet: www.dvgw.de

Dipl.-Ing. Thomas Zenz
DVGW Deutsche Vereinigung
des Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-Wissenschaftlicher Verein
Josef-Wirmer-Str. 1-3
53123 Bonn
Tel.: 0228 9188-858
Fax: 0228 9188-988
E-Mail: zenz@dvgw.de
Internet: www.dvgw.de