

Aktuelle Herausforderungen für die Wasserversorgung durch den Klimawandel

Wir erfahren derzeit eine deutliche Veränderung des globalen Klimas, weitaus schneller als natürliche Klimaschwankungen der Vergangenheit. Auch in Deutschland ist mit der **Zunahme von klimatischen Extremen** wie Starkregen oder häufigeren und länger andauernden Hitze- und Trockenperioden in den Sommermonaten zu rechnen. Wie sollte sich vor diesem Hintergrund die Wasserversorgung auf die **klimatischen Veränderungen** einstellen?

von: Dr. Wolf Merkel & Dr.-Ing. Andreas Nahrstedt (beide: IWW Zentrum Wasser)

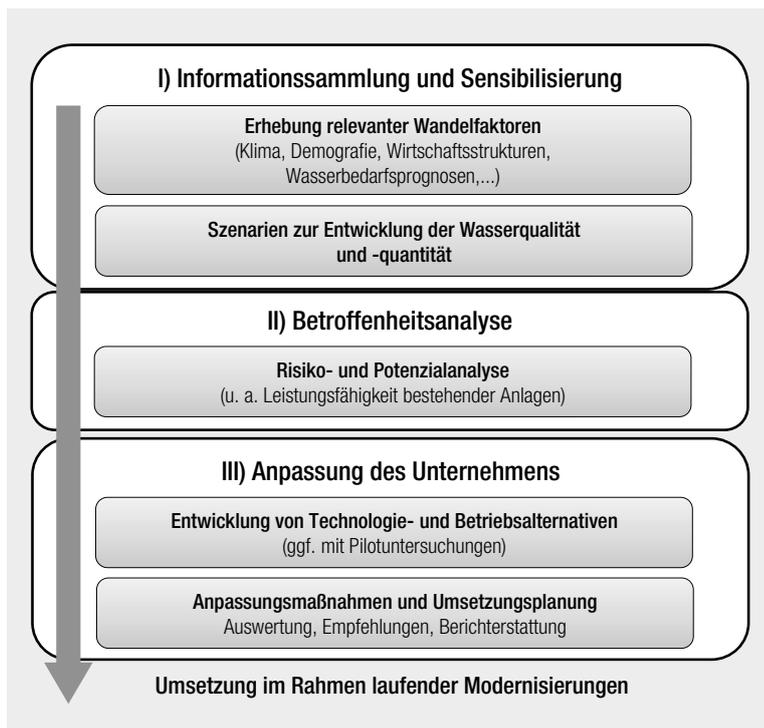
Im Dezember 1992 veranstaltete das IWW das 7. Mülheimer Wassertechnische Seminar „Klimaentwicklung und die Zukunft der Wasserwirtschaft in Europa“ [1]. Schon damals ließen die führenden Meteorologen, Klimawissenschaftlern sowie Gewässer- und Bodenkundler keinen Zweifel an den grundsätzlich zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft in Europa aufkommen: Sie stellten auf der Basis der Messdaten und Modellszenarien des ersten IPCC-Reports [2] die folgenden Prognosen für Mitteleuropa:

Das Abflussregime der Flüsse wird sich in die Wintermonate verschieben. In alpinen Regi-

onen nimmt die Wasserspeicherung (geringere Bildung/Speicherung von Eis/Schnee) ab. In den Mittelgebirgen übernimmt im Winter der Regen Anteile vom Schneefall. Die zeitliche Sequenz von Niederschlagsfronten nimmt zu. Es verkürzen sich die Wechselzyklen zwischen Aufbau und Abschmelzen der Schneedecken. Ein Zeitversatz zwischen Regenfall und Schneeschmelze wird seltener und die allgemeine Hochwassergefahr im Winter steigt. Im Sommer wächst hingegen die Hochwassergefahr infolge häufiger Starkregen. Die maximalen Wasserscheitel der Flüsse werden ansteigen, woraus neue Zielstellungen für den Hochwasserschutz insbesondere bei Wassergewinnungs- und Wasseraufbereitungsanlagen entstehen. Diese generellen Trends variieren unter dem Einfluss regionaler Randbedingungen.

Im Winter werden zwar gut wasserdurchlässige Böden eine bessere Grundwasserneubildung erfahren, alle Böden aber eine schlechtere Grundwasserneubildung im Sommer infolge stärkerer Verdunstung, wozu auch eine stoffwechselaktivere Vegetation beitragen wird. Bilanzen für die Modellregionen Nord- und Mitteleuropa lassen eine Abnahme nutzbarer Grundwasservorräte im Kontext eines höheren Wasserbedarfs in Hitzeperioden erwarten. In den Monaten August bis Oktober ist eine Verknappung der Niederschlagsmengen zu erwarten, die in Kombination mit einer stärkeren Verdunstung zur Beeinträchtigung der Qualität von Wasserressourcen führen wird. Der Anstieg des Meeresspiegels wird zu einer erhöhten Salzwasserintrusion in küstennahe Grundwässer führen.

Abb. 1: Systematische Vorgehensweise zur Anpassung eines Wasserversorgungsunternehmens an maßgebliche Wandelfaktoren



Der aktuelle IPCC-Report lässt keinen Zweifel am fortschreitenden Klimawandel

Heute, 25 Jahre später, liegt der 5. IPCC-Report [3] vor. Es ist zu resümieren, dass sich die damaligen Prognosen für die Wasserwirtschaft weitgehend als realistisch erwiesen haben [4]. Deutsche Klimaforscher fassen in ihrer Presseinformation zum diesjährigen G20-Gipfel in Hamburg die Situation in Deutschland wie folgt zusammen [5]:

- Eine Erwärmung der mittleren Lufttemperatur um 1,4 °C seit dem Jahr 1881
- Ein Anstieg der Anzahl heißer Tage (Tagemaximum Luft ≥ 30 °C) seit den 1950er-Jahren im Mittel von drei auf neun Tage
- Verringerung der Eistage (Tagemaximum Luft < 0 °C) im Mittel von 28 auf 19 Tage
- Die Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen ist angestiegen.
- Die Tagesanzahl für Großwetterlagen mit hohem Hochwassergefahrenpotenzial hat sich in Deutschland um den Faktor zwei bis drei gegenüber Anfang des letzten Jahrhunderts erhöht.
- Weltweit hat sich die Zahl schadensrelevanter Naturereignisse laut Daten des Versicherers Munich Re verdreifacht; in Deutschland steigen die Risiken durch schwere Gewitter.
- Der Meeresspiegel an deutschen Küsten steigt jährlich um 1,6–1,8 mm mit einem Gesamtzuwachs von 10–20 cm in den letzten hundert Jahren.

Insbesondere die schwachen Niederschläge im Winter 2016/Frühjahr 2017 und die hohen Temperaturen im Frühsommer 2017 haben bei vielen Wasserversorgern zu Spitzenwasserabgaben geführt. Die Niederschläge der letzten Jahre reichen nur vereinzelt aus, um eine Trendwende für sinkende Talsperren-Füllstände herbeizuführen – so z. B. infolge lokaler Starkregenereignisse im Sommer dieses Jahres in Niedersachsen. Die Grundwässer weisen hingegen historische Tiefstände auf.

Risiko- und Potenzialanalysen für Versorgungssysteme

Viele Unternehmen der Wasserversorgung haben in Bezug auf diese Herausforderungen vorsorgende Maßnahmen ergriffen und vermehrt Wasserbedarfsprognosen sowie Anpassungsstrategien entwickelt. Bestandsanalysen zur Vulnerabilität von Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung auf der Basis von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß münden in ein entsprechend ausgerichtetes technisches Risikomanagement. Abhilfe- oder Begrenzungsmaßnahmen gegenüber relevanten Risiken werden in Angriff genommen sowie Handlungsoptionen für potenzielle Bedarfsfälle geplant. Besondere Bedeutung kommen hier den Starkregenereignissen bzw. Hochwässern sowie der Verknappung des nutzbaren Wasserdargebots und dessen Qualitätsbeeinträchtigung zu. Im Rahmen von laufenden Funktionsprüfungen in Aufbereitungsanlagen überprüft das IWW, ob die vorhandenen Aufbereitungsanlagen dem bereits messbaren Anstieg der Tagesspitzenabgaben ohne Einbuße bei der Trinkwasserqualität gewachsen sind.

Bei der Entwicklung derartiger Anpassungsstrategien, deren einzelne Stufen von der Analyse bis zur Umsetzung **Abbildung 1** skizziert, sind neben der Veränderung des regionalen Klimas weitere Wandelfaktoren zu berücksichtigen, die sich ebenfalls auf die Trinkwasserversorgung auswirken. Dies sind z. B. sozioökonomische Faktoren wie der demografische Wandel und/oder die Veränderung von Siedlungsstrukturen, die den regionalen Wasserbedarf maßgeblich beeinflussen. Auch aufgrund des technologischen Fortschritts ist der durchschnittliche Wasserbedarf pro Kopf in den letzten Dekaden deutlich gefallen und liegt momentan bei 121 Litern pro Tag. Es ist zu erwarten, dass dieser Trend sich nur sehr verlangsamt fortsetzt, da viele Haushalte mittlerweile wassersparende Geräte verwenden. Des Weiteren ist für manche Metropolregionen ein Bevölkerungswachs-

Huber 1/3

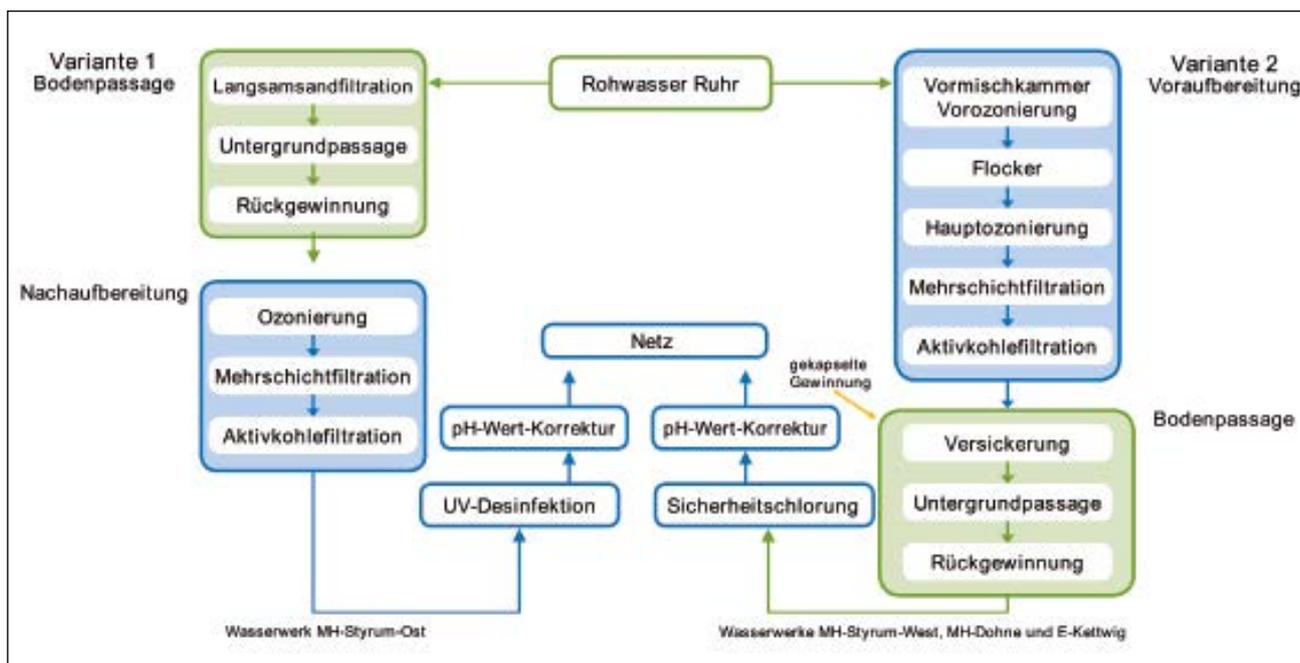


Abb. 2: Aufbereitungsschemata der Ruhrwasserwerke der RWW

tum zu prognostizieren, während für den ländlichen Raum die Zunahme eines Beregnungsbedarfs regional zu einer Anspannung der Ressourcensituation und Nutzungskonkurrenzen führen kann. Dies hat für viele Wasserversorger zur Folge, dass die oftmals auslaufenden Wasserrechte ihrer Gewinnungen nicht mehr im gleichen Maße wie in der Vergangenheit erteilt werden.

Regionale Klimaprognosen wasserwirtschaftlich auswerten

Im Forschungsvorhaben DYNACLIM (im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms „KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“) wurden beispielhaft regionale Klimawandel-Szenarien entwickelt [6] und mit sozioökonomischen Szenarien, die die Bevölkerungsentwicklung sowie die wirtschaftliche Entwicklung berücksichtigen, kombiniert. Dabei wurde eine eindeutige Abnahme des durchschnittlichen Trinkwasserbedarfs um bis zu minus 18 Prozent bis zum Jahr 2030 ermittelt; mit gleichzeitig steigenden Spitzenfaktoren der Wasserabgabe in heißen Sommermonaten [7]. Dies bedeutet, dass die Unternehmen der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung sowohl Ver- und Entsorgungsinfrastruktur als auch ihre Entgeltsysteme auf diese Entwicklung anpassen sollten. Bei sinkendem Wasserbedarf steigen die spezifischen Pro-Kopf-Kosten, da die Kosten für die Wasseraufbereitung und -verteilung auf eine geringere Anzahl von Abnehmer bezogen werden müssen.

Risikoanalysen für das Versorgungssystem erarbeiten

Zur Entwicklung einer integrierten Anpassungsstrategie ist in einem zweiten Schritt die Betroffenheit des Wasserversorgungsunternehmens mit seinen einzelnen technischen Anlagen durch die Prognosen für die Wandelfaktoren zu analysieren. Im Rahmen von DYNACLIM wurden dazu die Gewinnungsgebiete, Wasserwerke und das Rohrnetz der RWW Rheinisch-Westfälischen Wasserwerksgesellschaft mbH einem „Klimawandel-Check“ unterzogen und konkrete Aussagen zu wichtigen Anpassungsbereichen im Ressourcenschutz, in der Technik und im Management des gesamten Versorgungssystems gegeben [8]. Die Finanzierung der Klimawandelanpassung und die Zahlungsbereitschaft der Trinkwasserkunden für entsprechende Vorsorgemaßnahmen wurden in einer repräsentativen Befragung ermittelt. Die Befragten waren der Ansicht, dass allgemein – nicht nur in der Trinkwasserversorgung – zu wenig für die Anpassung an den Klimawandel getan wird. Ein Drittel der Befragten war bereit, höhere Trinkwasserpreise zur Finanzierung der Anpassung an den Klimawandel zu bezahlen [9].

Im Rahmen einer Risikoanalyse für Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung wurden für die Wasserressource Ruhr der zeitliche Verlauf von Wassermenge und -qualität bewertet und saisonal kritische Szenarien mit besonderen Anforderungen an den Hochwasserschutz, die Aufbereitung oder die Wasserver-

Quelle: [13]

teilung ermittelt [10]. Der Hochwasserschutz betrifft zum einen das Unterbinden des Eindringens belasteter Oberflächenwässer in die Wassergewinnungsanlagen, zum anderen den Schutz oder die Vorsorge gegenüber Ausfall oder Zerstörung technischer Anlagen. Des Weiteren wurde eine Potenzialanalyse für die aktuell verfügbare Leistungsfähigkeit der Aufbereitung in den Ruhrwasserwerken bzw. ihrer einzelnen Verfahrensstufen (**Abb. 2**) inklusive Grundwasseranreicherung und Bodenpassage durchgeführt. Auf Basis dieser Leistungsdaten konnte ein zukünftig erforderlicher Mehrbedarf für kritische Rohwasserszenarien aufgezeigt werden, und zwar für:

- Flockungsstufen, die sich hinsichtlich Durchsatz und Feststoffbelastung nur in geringem Maße flexibel erweisen und somit wenig robust gegenüber erwarteten Verbrauchsspitzen, z. B. in sommerlichen Hitzeperioden, sind. Höhere Durchsätze verursachen relativ schnell eine erhöhte Ablauftrübung, was die Funktion der nachfolgenden Aufbereitungsstufen (Ozonung, Mehrschichtfiltration) beeinträchtigt.
- Die Ozonung ist besonders wichtig im Hinblick auf die Elimination von erhöhten Spurenstoffkonzentrationen, wie sie bei Niedrigwasserzeiten aufgrund der fehlenden Verdünnung in der Ruhr auftreten. Eine Steigerung der Ozondosierung ist aber aufgrund einer Zunahme der Bromatbildung und von Transformationsprodukten stark limitiert.

Potenzialanalysen für vorhandene Aufbereitungsanlagen

Die Anlagen zur Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung von Wasserversorgungsunternehmen weisen in der Regel aber auch Potenziale zum Schutz vor Qualitätsbeeinträchtigung oder zur Leistungssteigerung auf, die zum Teil mit vergleichbar geringem Aufwand nutzbar gemacht werden können [10]. Im

Rahmen von DYNAKLIM wurden z. B. für die Stufen zur Flockung und zur Ozonung der Ruhrwasserwerke verschiedene Optimierungsansätze erarbeitet, erfolgsversprechende Ansätze in Pilotversuchen getestet und mittels Kosten-Nutzen-Analyse bewertet. In der Beratungspraxis des IWW konnten vor allem zahlreiche Filterstufen leistungsfähiger gemacht werden:

- Die Ansätze zur Verbesserung der Flockung reichen vom Einsatz anderer Flockungsmittel und -hilfsmittel bis zur der Anpassung der Mess- und Regeltechnik oder der Modifikation der Anlagen (Einmischung des Flockungsmittels, Flockenausbildung, Sedimentation).
- Vorhandene Tiefenfilter weisen häufig eine Konfiguration und Betriebsweise auf, die eine Verbesserung der Abscheideleistung und Steigerung der Produktivität (höheres Filtratvolumen pro Zeit und geringerer Spülverlust) möglich machen, sei es durch Optimierung von Filterschichten, der Anlagensteuerung oder von gut auf die jeweilige Aufbereitungsaufgabe durchstrukturierten und abgestimmten Spülprogrammen [11].
- Um die Spülwasserverluste nahezu vollständig zu vermeiden, bietet es sich an, schlammhaltige Spülwässer weitergehend filtrativ aufzubereiten und die Filtrate in das Rohwasser zurückzuführen.
- Aufgrund der erwarteten Klimawandelfolgen, des demografischen Wandels und des stetigen Erkenntniszuwachses bei den Wasseruntersuchungen wird die Aufmerksamkeit für organische Spurenstoffe in den Rohwässern wachsen. Deshalb werden eine leistungsstarke Adsorption und ggf. auch eine Ozonung immer wichtiger. Da diese Verfahrensschritte kostenintensiv sind, lohnt sich die detaillierte Betrachtung der Prozesse und die Ermittlung von Optimierungsansätzen. Bei der Ozonung sollte ein besonderer Schwerpunkt auf einem flexiblen, auf die jeweilige

Krohne 1/3

Rohwasserqualität abgestimmten Ozonersatz mithilfe einer innovativen Regelung nach der Ozonexposition liegen. Hierfür wurden im Rahmen von DYNAKLIM die notwendigen regelungstechnischen Randbedingungen entwickelt. Durch die bedarfsabhängige Zugabe von Wasserstoffperoxid (Umstellung auf den Peroxon-Prozess) ergibt sich eine Verbesserung der Spurenstoffelimination ohne Überschreitung des Bromatgrenzwertes der Trinkwasserverordnung. Neben der Erreichung der Qualitäts- bzw. Oxidationsziele für die Wasserinhaltsstoffe wird auch eine unnötig hohe Ozondosierung inklusive ihrer Kosten in Zeiten geringer Rohwasserbelastung vermieden [12]. Bei Adsorptionsprozessen bietet hingegen die Auswahl einer optimalen Aktivkohle im Kontext der zu entfernenden Spurenstoffe und des jeweiligen organischen Hintergrundes (DOC) sowie die Betriebsweise der Einzelfilter einer Adsorptionsstufe und das Reaktivierungsmanagement ihrer Füllung Ansatzpunkte zur Leistungssteigerung und Kostenminimierung. Die Adsorptionsverfahren, insbesondere als nachgeschaltete Stufe eines Oxidationsprozesses, müssen im Kontext ansteigender Wassertemperaturen für ein mikrobiologisch stabiles Trinkwasser sorgen, bei dessen Speicherung und Verteilung Aufkeimungseffekte trotz schwankender Wasserverbrauchsmengen (mittlerer Wasserverbrauch abnehmend, Bedarfsspitzen aber ansteigend) limitiert werden. Die Nitrifikation von Ammonium und die Elimination des als AOC (assimilable organic carbon) messbaren biologisch verwertbaren DOC-Anteils müssen sehr weitgehend erfolgen.

- Bei der Entsäuerung sind Vor- und Nachteile der physikalischen Verfahren denjenigen der verschiedenen chemischen Verfahren gegenüberzustellen, um nicht nur die Forderungen der Trinkwasserverordnung erfüllen zu können, sondern auch ein aus korrosionschemischer Sicht einwandfreies Wasser ins Netz einspeisen zu können.
- Chemische Desinfektionsverfahren müssen hinsichtlich ihrer Nebenprodukt- und Depotbildung (Desinfektionskapazität) überprüft werden. Die in das Versorgungsnetz eingespeisten Restkonzentrationen können schneller gezehrt werden, sodass größere Teilbereiche des Netzes ohne Desinfektionsschutz betrieben werden müssen.

Angepasste Wasserspeicherung und -verteilung sichern Versorgungsmengen und -qualität

Bei der Wasserspeicherung und -verteilung sollten Abhilfestrategien für Zonen mit ausgeprägtem Stagnationsverhalten ergriffen werden. Stehen sinnvolle oder finanzierbare Lösungen nicht in Aussicht, um Stagnationszeiten zu verringern, stehen Aufbereitung und Netzpflege vor besonderen Herausforderungen. Saisonale Zeitabschnitte mit besonders kritischen Randbedingungen für bestimmte Versorgungszonen, wie z. B. hohen Wassertemperaturen, müssen dann durch ein abgestimmtes Monitoring z. B. in Endsträngen oder Wechselzonen begleitet werden. Nur so besteht die Möglichkeit, zeitnah z. B. durch Spülungen im Netz oder durch eine Nachdesinfektion des Trinkwassers dessen hohe Qualität bis zum Verbraucher zu erhalten.

Systematische Identifizierung des Handlungsbedarfs

Sich ändernde Rahmenbedingungen, seien sie klimatischer, demografischer oder sozioökonomischer Art, sind eine Herausforderung der auf lange Zeiträume ausgelegten Wasser-Infrastruktur. Dabei wird den maßgeblichen Entscheidungsträgern ein vorsorgendes Handeln dadurch erschwert, dass sich der zeitliche Horizont für das Anwachsen der einzelnen konkreten Gefährdungen für die Wasserversorgung in der Regel nicht scharf abzeichnet. Es ist viel Überzeugungsarbeit aufzubringen, denn den eher unscharfen Zukunftsszenarien steht jeweils ein sehr konkreter Finanzierungsbedarf für die zu ergreifenden Maßnahmen gegenüber.

Der Klimawandel ist nur ein Faktor von mehreren – der demografische Wandel und damit veränderte Wasserbedarfsprognosen stellen ebenso hohe Anforderungen an die Trinkwasserversorgung wie Veränderungen in der Wirtschafts- oder regionalen Siedlungsstruktur. Die Sicherstellung der Wasserversorgung auch bei langen Trockenperioden, bei Qualitätsveränderungen des Rohwassers oder bei sinkendem Wasserbedarf mit höherem Spitzenverbrauch sollten im gesamten Kontext analysiert werden. Eine hohe Versorgungssicherheit kann unter den oben beschriebenen Wandelbedingungen nur erzielt werden, wenn eine rechtzeitige Auseinandersetzung mit den möglichen Risiken und den Möglichkeiten der Anpassung stattfindet. Hierbei hilft die systematische Risiko- und Potenzialanalyse, wie sie im Rahmen von DYNAKLIM entwickelt wurde.

Forschungsergebnisse und umgesetzte Risiko- und Potenzialanalysen zeigen deutlich, dass eine rechtzeitige Analyse sich ändernder Rahmenbedingungen und eine sich daran orientierende risikobasierte Anpassungsstrategie gegenüber einem rein reaktiven Verhalten mit Maßnahmen, die eher reflexartig im Zuge von unerwarteten Schadensereignissen oder Versorgungsengpässen ergriffen werden, wesentlich sinnvoller sind. Wie die Erfahrungen zeigen, lassen sich Ausfallzeiten für Wasserwerke verkürzen, Kosten senken und nicht zuletzt eine negative Publicity vermeiden. ■

Literatur

- [1] IWW (1994): Klimaentwicklung und die Zukunft der Wasserwirtschaft in Europa - 7. Mülheimer Wassertechnischen Seminar 10.12.1992 Mülheim an der Ruhr. IWW (Hrsg.) Berichte aus dem IWW Rheinisch-Westfälischen Institut für Wasser. ISSN 09410961
- [2] IPCC 1990 and 1992: IPCC Assessments Climate Change - Report Overview and Policymaker Summaries 1990 and 1992 IPCC Supplement. www.ipcc.ch
- [3] IPCC 2014: Climate Change 2014 – Synthesis Report. www.ipcc.ch
- [4] UBA (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau.
- [5] DKK, Deutsches Klimakonsortium (2017): Klimafaktoren als Grundlage für politische Entscheidungen – Presseinformation zum Stand der Forschung. Latif, M. (Hrsg.). www.deutsches-klima-konsortium.de
- [6] Quirnbach, M., Freistühler, E., Papadakis, I. (2012): Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region – Analysen zu den Parametern Lufttemperatur und Niederschlag. dynaklim-Publikation Bd. 30, November 2012.
- [7] Kersting, M.; Werbeck, N. (2013): Trinkwasser und Abwasser in Zeiten des Wandels. Eine Szenarienbetrachtung für die dynaklim-Region. dynaklim-Publikation, Bd. 39, Essen.
- [8] IWW (2015). Sichere Wasserversorgung im Klimawandel. Wege zur Klimawandelanpassung der Trinkwasserversorgung im Ruhrgebiet. Publikation im Rahmen von BMBF-dynaklim, Link: <https://iww-online.de/download/dynaklim-sichere-wasserversorgung-im-klimawandel/?wpdmdl=3854> (25.9.2017).
- [9] Hein, A., Neskovic, M. (2012): Qualitäts- und Preiswahrnehmung von Trinkwasser: Hat der Klimawandel Einfluss? dynaklim-kompakt Nr. 10, Juli 2012, http://www.dynaklim.de/dynaklim2pub/index/3000_projektergebnisse/3300_veroeffentlichungen.html
- [10] Staben, N.; Nahrstedt A. and Merkel W. (2014): Securing safe drinking water supply under climate change conditions. Proceedings of the IWA World Water Congress & Exhibition. 21-26 September 2014, Lisbon, Portugal.
- [11] Stetter, D.; Rudow, H.; Nahrstedt, A. (2012): Spülbildkontrolle und Betriebsoptimierung bei der Enteisung und Entmanganung. bbr Nr. 12, S. 60 -67
- [12] Nahrstedt, A.; Staben, N.; Lutze, H. (2014): Dynamisierung der Ozonung zur Sicherung der Trinkwasserqualität und zur Optimierung des Ressourceneinsatzes. DVGW Forum Wasseraufbereitung, Karlsruhe, 25. September 2014.
- [13] Donner, C.; Schöpel, M. (2014): Das Mülheimer Verfahren. RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (Hrsg.), Mülheim an der Ruhr.

Die Autoren

Dr. Wolf Merkel ist technischer Geschäftsführer des IWW Zentrums Wasser.

Dr.-Ing. Andreas Nahrstedt ist stellvertretender Bereichsleiter Wassertechnologie am IWW Zentrum Wasser.

Kontakt:

Dr.-Ing. Andreas Nahrstedt
Moritzstr. 26
45476 Mülheim an der Ruhr
Tel.: 0208 40303-330
E-Mail: a.nahrstedt@iww-online.de
Internet: www.iww-online.de

GWU Umwelttechnik 1/2