

Trinkwasser-Talsperren im Klimawandel

Beiträge aus der DVGW energie | wasser-praxis



Landschaft der Großen Othmar-Talsperre im Zeller-See-Bezirk. Die Talsperre ist die größte Hochwasserschutz- und Wasserversorgungsanlage im Rhein- und Moselgebiet.

Trockenheit und Hochwasser aus Talsperrenbetreibersicht

Die Vorlage des Klimawandels verleiht Talsperrenbetreibern neue Aufgaben. Sie müssen mit ihrer Arbeit die immer extremeren Witterungsbedingungen abfangen und damit gewährleisten, dass die Qualität der Wasser- und Energieerzeugung im Talsperrenbereich in diesem Umfeld bestmöglich gesichert werden kann.

Nachdem die Klimawandelsforschung in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht hat, ist es nun möglich, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben zu untersuchen. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung und die Energieerzeugung in Talsperrenbetrieben sind in diesem Artikel dargestellt.

Inhaltsverzeichnis

- 4 | **Klimaanpassungen im Wasserqualitätsmanagement unserer Trinkwassertalsperren**
Prof. Dr. Karsten Rinke
- 12 | **Trockenheit und Hochwasser aus Talsperrenbetreibersicht**
Claudia Klerx
- 18 | **Klimawandel und Talsperrenbewirtschaftung im Harz**
Maren Dietze, Patrick Nistahl, Markus Möller
- 26 | **Klimawandelgerechte Wasserversorgung am Beispiel von Talsperre und Wasserwerk Steina**
Stefan Joedicke
- 36 | **Neue Talsperren in Niedersachsen?**
Dr.-Ing. Andreas Lange
- 42 | **Auswirkungen des Klimawandels auf den Trinkwasserbedarf**
Peter Rothenhöfer, Julia Gaudig
- 48 | **Maßnahmen zur Klimaanpassung bei der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen**
Stephan Schuch

Impressum

Herausgeber:

DVGW Deutscher Verein des
Gas- und Wasserfaches e. V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein
Josef-Wirmer-Straße 1–3
53123 Bonn
Tel.: 0228 9188-5
Fax: 0228 9188-990
E-Mail: info@dvwg.de
Internet: www.dvgw.de

Verlag und Vertrieb:

wvgw Wirtschafts- und
Verlagsgesellschaft
Gas und Wasser mbH
Geschäftsführer:
Stephan Maul, M. A.
Josef-Wirmer-Straße 3
53123 Bonn
Tel.: 0228 9191-40
Fax: 0228 9191-498
E-Mail: anzeigen@wvgw.de
Internet: www.wvgw.de

Schriftleiter:

Prof. Dr. Gerald Linke

Redaktion:

Marcel Pannes
Martin Schramm
Wiebke Hillen

Gezeichnete Artikel stellen die Ansicht des Verfassers dar, nicht unbedingt die der Schriftleitung und der Redaktion. Industrieberichte unterliegen nicht der Verantwortung der Redaktion. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Gewähr übernommen.

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, des auszugsweisen Nachdrucks, der fototechnischen Wiedergabe und der Übersetzung, liegen beim Verlag.

Bankverbindung:

Sparkasse KölnBonn,
IBAN: DE95 3705 0198 0033 3333 37
Commerzbank Bonn,
IBAN: DE29 3804 0007 2112 2600 00

Erfüllungsort und Gerichtsstand:

Bonn

von: Hartmut Willmitzer

Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e. V. (ATT)



Trinkwassertalsperren im Klimawandel

Liebe Leserinnen und Leser,

über 12 Prozent des Trinkwassers werden in Deutschland aus Talsperren bereitgestellt und in manchen Regionen ist diese Art der Trinkwasserversorgung alternativlos. Aufgrund von Trockenheit und Hochwasser als unübersehbaren Folgen klimatischer Veränderungen verändern sich nicht nur die quantitativen Wasserressourcen. Auch qualitative Auswirkungen auf die Oberflächengewässer zwingen zum Handeln. Gut verstanden sind die Auswirkungen anthropogener Nutzungen wie die Flächenversiegelung oder mangelnder Rückhalt von Siedlungsabwässern bei immer häufiger werdenden Starkregenfällen. Waldschäden in den oft durch Fichtenmonokulturen geprägten Mittelgebirgen führen hingegen zu Stoffeinträgen bislang unbekanntes Ausmaßes. Veränderungen des Temperaturregimes der Stauseen haben darüber hinaus Auswirkungen auf die gewässerinterne Nährstoffbilanz. Ebenso ist die Eutrophierung mit ihren Folgen wie Sauerstoffmangel und das Auftreten toxischer Cyanobakterien wieder auf der Tagesordnung.

Ähnlich komplex wie die naturräumlichen Veränderungen sind die notwendigen Reaktionen darauf. Alle Komponenten der Wasserversorgungssysteme stehen auf dem Prüfstand. Monitoring und Forschungsstrategien müssen neu ausgerichtet werden, um der Praxis die nötige Wissensbasis verfügbar zu machen. Das heißt: Die weitere Häufung von Extremereignissen zwingt zum Handeln ohne Zeitverzug.

Die Talsperrenbetreiber und Wasserversorger sind in erheblichem Maß auf ein konstruktives und zielorientiertes Zusammenwirken mit unterschiedlichsten Stakeholdern angewiesen. Die Verwaltungen müssen z. B. über prioritäre Wassernutzungen oder beschleunigte Planungsverfahren entscheiden; bei der Förderung von Forschungsprojekten müssen die langfristigen ökologischen Prozesse berücksichtigt werden und die Nutzer der Einzugsgebiete müssen die Anstrengungen zum Gewässerschutz deutlich intensivieren. Insgesamt geht es vor allem darum, eine solide Wissensbasis für notwendige Klimaanpassungen zu erarbeiten und deren Umsetzung in allen Bereichen, d. h. bauliche und ingenieurtechnische Maßnahmen, Bewirtschaftungskonzepte und auch die dazugehörigen behördlichen Verfahren, anzugehen.

Im Rahmen eines ATT-Symposiums zu Klimaauswirkungen auf die Trinkwasserversorgung aus Talsperren im Februar 2024 wurden die von den Wasserversorgern zu bewältigenden Aufgaben herausgearbeitet und definiert. Gesicherter

Wissensstand ist, dass die Temperaturen steigen und Extreme sowohl hinsichtlich ihrer Häufigkeit und auch Intensität zunehmen. Daraus ergeben sich technische und ökologische Maßnahmenpakete:

- Mehr Wasser in der Fläche halten, nicht nur durch die Schaffung neuer Speicher, sondern auch durch Anpassungen in den Einzugsgebieten wie die Etablierung naturnaher Mischwälder, die Bildung von Retentionsräumen und die Verminderung schneller Abflusskomponenten;
- Bildung von Verbundsystemen und Redundanzen, sowohl bei der Wassergewinnung aus unterschiedlichen Einzugsgebieten als auch beim überregionalen Transport von Fernwasser;
- modellgestützte Anpassung der Bewirtschaftung und Nutzung der Rohwasserressourcen sowie die ggf. notwendigen infrastrukturellen Anpassungen an den Talsperren;
- Verstärkung der Anstrengungen zum Gewässerschutz in den Einzugsgebieten der Talsperren.

Es ist ein besonderes Anliegen der ATT, die Aufgaben zu adressieren, die von den Versorgungsunternehmen allein nicht geschultert werden können:

- das Zusammenführen wichtiger Stakeholder, insbesondere von Gesundheits- und Umweltbehörden, und Einbeziehung der regionalen Bevölkerung;
- Vereinfachung und Beschleunigung von Verwaltungsabläufen für wasserwirtschaftliche Maßnahmen zur Klimaanpassung;
- frühzeitiges Setzen von Prioritäten hinsichtlich der Wassernutzung, insbesondere bei hydrologischen Extremereignissen;
- Verdeutlichen von pragmatischen und konkreten Wegen von Strategien zur Praxis;
- Ausrichtung der Forschung und des Monitorings auf Kontinuität und langfristige Trends.

Schließlich ist auch die Publikation wesentlicher Ergebnisse des Klimasyposiums ein entscheidender Schritt. Daher finden Sie in diesem Dossier vielfältige Beiträge aus mehreren Bundesländern zur Forschung und Praxis. Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre und neue Impulse für Ihre Arbeit.

Ihr Hartmut Willmitzer

Klimaanpassungen im Wasserqualitätsmanagement unserer Trinkwassertalsperren

Forschungsergebnisse und Synergien zwischen Praxis und Forschung

Der Klimawandel erfordert nicht nur Anpassungen im Talsperrenmanagement im Sinne der Mengbewirtschaftung, z. B. zur Bewältigung von Dürre und Hochwasser, sondern auch hinsichtlich der Wassergüte. **Denn Prognosen zeigen tiefgreifende Veränderungen der Ökosysteme, z. B. abnehmende Sauerstoffkonzentration, intensiveres Algenwachstum und Dominanz von Cyanobakterien. Bei Einhaltung der Pariser Klimaziele werden diese negativen Entwicklungen weitestgehend vermieden, aber bei fortschreitendem Klimawandel sind Anpassungen notwendig. Talsperren bieten vielfältige Managementoptionen, die diese negativen Auswirkungen des Klimawandels abpuffern können. Aber auch Anforderungen an das Monitoring, die Entwicklung von Frühwarnsystemen und die Definition angepasster Bewirtschaftungsziele erfordern weitere gemeinsame Anstrengungen von Forschung und Praxis.**

von: Prof. Dr. Karsten Rinke (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung)

Mit fortschreitender Klimaerwärmung erwarten uns nicht nur höhere mittlere Temperaturen in Deutschland, sondern auch zunehmendes Auftreten von Extremereignissen in Form von Hitzewellen, Dürren und Hochwasserereignissen. Diese Entwicklungen sind nicht mehr lediglich Zukunftsprognosen, sondern deutlich spürbare und umfänglich realisierte Veränderungen in unserer Umwelt, die sich in statistisch signifikanten Temperaturtrends [1] und zunehmenden Extremereignissen [2] niederschlagen. Es liegt auf der Hand, dass diese klimatischen Veränderungen den Wassersektor stark beeinflussen, insbesondere erhöhen sie den Bedarf an Wasserspeicherung, um einerseits die Intensität von Hochwasserereignissen abzumildern und andererseits zusätzliches Wasser zur Überbrückung von Dürreperioden vorzuhalten. Neben der Bewirtschaftung des Grund- und Landschaftswasserhaushaltes spielen auch Talsperren deshalb eine wichtige Rolle in der Anpassung an den Klimawandel, insbesondere hinsichtlich der Wassermengbewirtschaftung.

Gleichzeitig verändert der Klimawandel aber auch die Beschaffenheit der Wasserkörper unserer Talsperren und Seen und die Beobachtungen der vergangenen Jahre offenbaren starke negative Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserbeschaffenheit und Ökosystemzustände. Dies äußert sich beispielsweise in zunehmenden Eutrophierungstendenzen, die sich durch abnehmende Sauerstoffkonzentrationen, stärkeres Algenwachstum und höhere Produktivität bis hin zu Blaualgen-Massenentwicklungen niederschlagen [3]. Bezüglich der Wasserqualität kehrt sich deshalb die Rolle der Talsperren im Klimawandel um. Während im Kontext des Wassermanagements die Talsperren eine signifikante Rolle in der Klimaanpassung spielen, sind die Talsperren hinsichtlich der Wasserqualität erheblichen Verschlechterungen ausgesetzt und bisherige Dienstleistungen stehen zunehmend infrage, sodass die bestehenden Konzepte in der Wasserqualitätsbewirtschaftung an den Klimawandel angepasst werden müssen. Ganz besonders äußert sich dies in Dienstleistungen der Talsperren, die höchste

Anforderungen an die Wasserqualität stellen. Dies ist allem voran die Trinkwasserbereitstellung aus Talsperren, die in Deutschland im Mittelgebirgsgürtel vom Erzgebirge über den Harz und Thüringer Wald bis in den nordrheinischen Raum eine große Rolle in der Wasserversorgung einnimmt.

Die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf die Temperaturverhältnisse unserer Talsperren und auch mögliche Anpassungsstrategien zur Dämpfung dieser Temperaturveränderungen wurden bereits in [4, 5] dargestellt. Demnach müssen wir mit erheblichen Temperaturzunahmen in den Oberflächenschichten bis zu 4–6K, je nach Klimaszenario, und mit verlängerten sommerlichen Schichtungsdauern von 1–2 Monaten rechnen. Eine Erwärmung des Tiefenwassers kann aber durch eine Umstellung der Wildbettgabe aus dem Epilimnion anstelle einer Abgabe aus dem Hypolimnion verhindert werden. Diese bestehenden Arbeiten fokussieren aber vor allem die Auswirkungen auf die Temperaturverhältnisse und die physikalische Struktur, gehen aber kaum auf ökosys-

temare Komponenten wie Sauerstoffhaushalt oder Phytoplanktodynamik ein. Dieser Beitrag fokussiert deshalb auf die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökosystemdynamik unserer Gewässer und beleuchtet hierbei aktuelle Fortschritte in der Modellierung und Klimafolgenprognose sowie die Synergien zwischen Forschung und Praxis in der Entwicklung von Anpassungsstrategien sowie den aktuellen Forschungsbedarf.

Stand der Forschung: Klimabedingte Entwicklungen, Talsperrenmodellierung und Prognen der Wasserqualität

Standgewässer und ihre Ökosysteme reagieren empfindlich auf Klimaveränderungen. Bereits heute sind Auswirkungen des Klimawandels statistisch signifikant darstellbar, dies betrifft vor allem Seen, die weitaus besser untersucht sind als Talsperren. Die verfügbare Literatur ist umfangreich und kann durch folgende Aufzählung komprimiert zusammengefasst werden:

- Zunahme der Produktivität durch verlängerte Vegetationsperiode und höhere Temperaturen sowie verstärkte interne und externe Nährstoffbelastung durch Rücklösung und Mineralisierung [6]
- vermehrtes Auftreten von „Cyanobakterien- und Algenblüten“ durch höhere Temperaturen und Nährstoffverhältnisse [7, 8]
- Veränderungen im Sauerstoffhaushalt in Form von zunehmender Anoxie im Tiefenwasser durch längere Stratifikationszeiten, erhöhte Temperatur und steigende Produktivität [9]
- schnelle Ökosystemveränderungen durch selbstverstärkende interne Mechanismen,

z. B. in Form einer Kaskade: Sauerstoffabnahme im Tiefenwasser → verstärkte Nährstofffreisetzung → erhöhtes Algenwachstum → höherer Sauerstoffbedarf [10, 11].

Dieser umfangreichen Dokumentation der bereits realisierten Veränderungen in Seeökosystemen steht eine verhältnismäßig geringe Anzahl an Studien gegenüber, die entsprechende Klimaprognosen der Wasserqualität auf großer Skala (kontinental, global) bereitstellen. Klimaprognosen für Seen sind darüber hinaus vor allem für die Auswirkungen auf die Wassertemperaturen und Schichtungsverhältnisse beschränkt [12] und sagen konsistent voraus, dass sich die Dauer der Schichtung erhöht, Wassertemperaturen steigen und Eisbedeckung abnimmt. Bisher dimiktische Gewässer (Durchmischung im Herbst und Frühjahr), werden damit in monomiktische überführt (Durchmischung nur im Winter) und die Dauer der Temperaturschichtung verlängert sich bei pessimistischen Klimaszenarien (Erwärmung um 5–6K) um bis zu 2 Monate [13].

Tieferegreifende Prognosen für Ökosystemkomponenten wie z. B. Nährstoffe, Plankton oder Primärproduktion existieren aber nur für einzelne Gewässer und ein kleiner Teil dieser Gewässer-spezifischen Studien adressiert Trinkwassertalsperren. In Deutschland ist diesbezüglich die Rappbodetalssperre (Abb. 1), Deutschlands größte Trinkwassertalsperre, verhältnismäßig gut untersucht, denn für dieses Gewässer liegen ausgezeichnete Wassergütedaten sowie ein angepasstes und validiertes ▶

Die Beiträge aus diesem Dossier basieren auf Vorträgen, die Ende Februar 2024 im Rahmen eines ATT-Symposiums zum Thema „Trinkwassertalsperren im Klimawandel“ gehalten wurden.

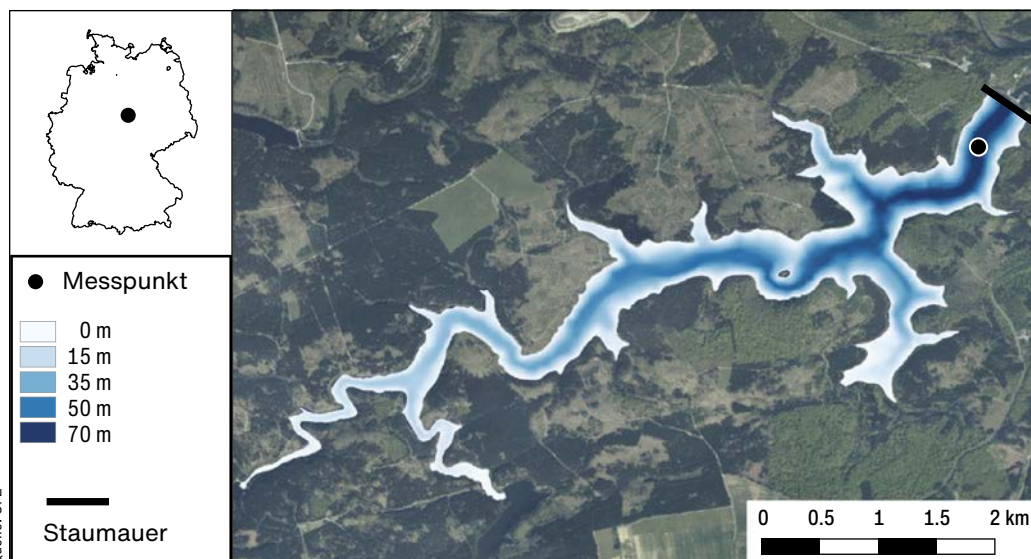


Abb. 1: Lage und Tiefenkarte der Rappbodetalssperre im Ostharz

Talsperrenmodell vor. Dieses Modell ist ein gekoppeltes hydrophysikalisch-ökologisches 2D-Modell (CEQUAL-W 2, siehe www.ce.pdx.edu/w2/), welches für die Simulation von Talsperren gut geeignet ist, weil es die longitudinalen und vertikalen Gradienten sehr gut wiedergeben kann. Die Anwendung an der Rappbodetalsperre zeigt, dass das

Modell sowohl physikalische als auch chemische Messgrößen in guter Übereinstimmung mit Messdaten simulieren kann (Abb. 2). Auch Ökosystemkomponenten wie verschiedene Algengruppen sind hinsichtlich des zeitlichen Auftretens, der Tiefenverteilung und der Gesamtbiomasse im Modell gut abgebildet (Abb. 3). Hierbei ist hervor-

zuheben, dass das ökologische Modell nicht nur die allgemeine Produktivität und Algenbiomasse wiedergibt, sondern auch die Konkurrenz zwischen den dominanten Algengruppen in der Talsperre, Diatomeen und Cyanobakterien, darstellen kann. Die Modellgüte, z. B. gemessen als Bestimmtheitsmasse oder verschiedene Fehlerindizes, ist

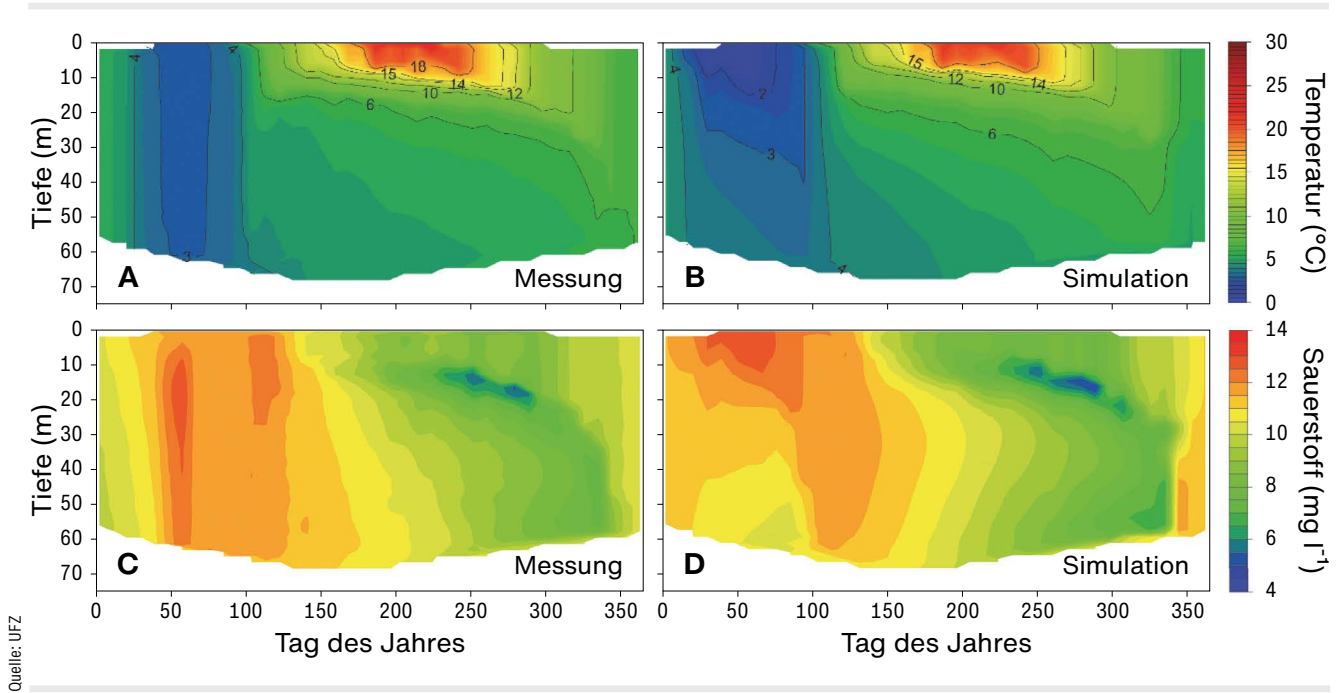


Abb. 2: Simulation der Wassertemperatur (A, B) und der Sauerstoffkonzentration (C, D) in der Rappbodetalsperre. Die Modellsimulation (B, D) kann die gemessenen Dynamiken im Gewässer (A, C) gut reproduzieren.

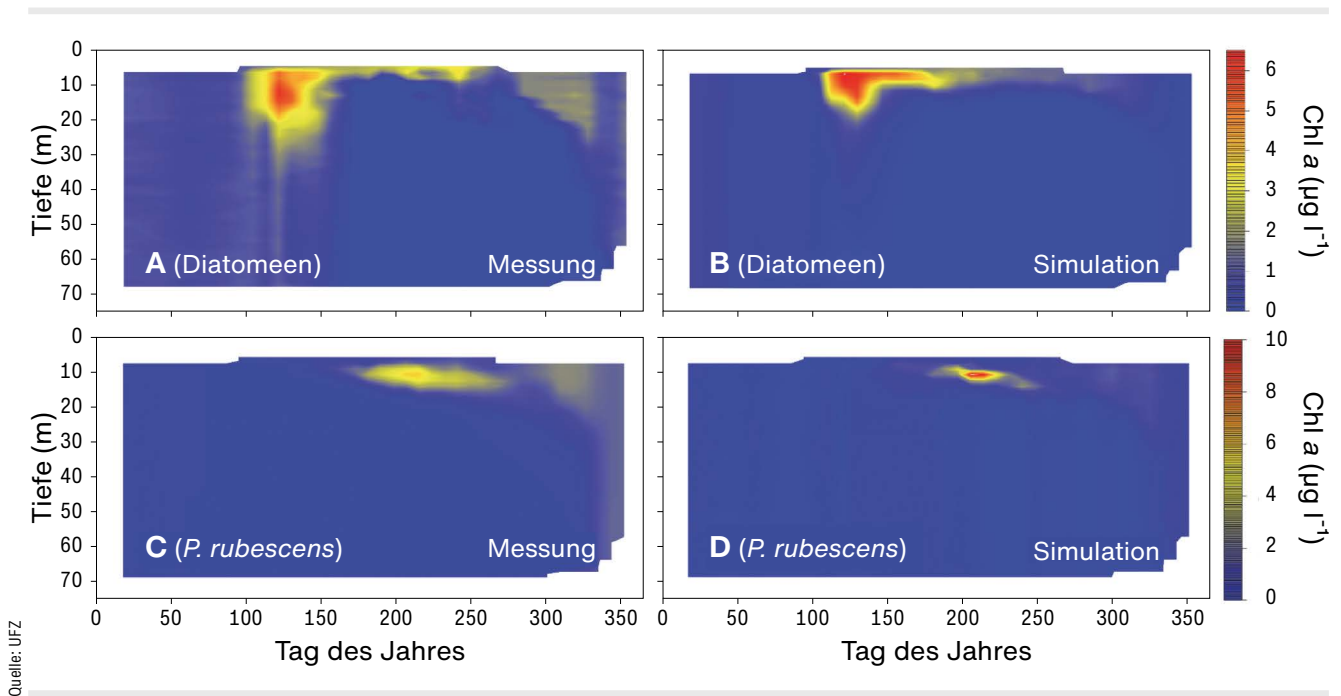


Abb. 3: Simulation der Diatomeen (Kieselalgen, A, B) und des metalimnisch auftretenden Cyanobakteriums *Planktothrix rubescens* (C, D) in der Rappbodetalsperre. Die Modellsimulation (B, D) kann die gemessenen Dynamiken im Gewässer (A, C) gut reproduzieren.

Tabelle 1: Charakterisierung der Modellgüte des 2D-Talsperrenmodells CEQUAL-W 2 für die Rappbodetalsperre für die Kalibrierungsperiode (Jahr 2016) und Validierungsperiode (2015) anhand der drei Gütekriterien Bestimmtheitsmaß (R²), mittlerer quadratischer Modellfehler (RMSE = root mean squared error) und mittlerer absoluter Fehler (MAE = mean absolute error). Zu Details zur Kalibrierung siehe [14].

Variable	Kalibration			Validation		
	R ²	RMSE	MAE	R ²	RMSE	MAE
Wassertemperatur (°C)	0.99	0.45	0.21	0.97	0.65	0.48
Silikat (mg L ⁻¹)	0.84	0.29	0.13	0.65	0.31	0.17
Nitrat (mg L ⁻¹)	0.69	0.14	0.06	0.37	0.11	0.05
<i>P. rubescens</i> (µg L ⁻¹)	0.56	0.65	0.23	0.48	0.49	0.23
Diatomeen (µg L ⁻¹)	0.55	0.72	0.47	0.21	0.81	0.38
Sauerstoff (mg L ⁻¹)	0.84	0.95	0.67	0.81	0.72	0.48

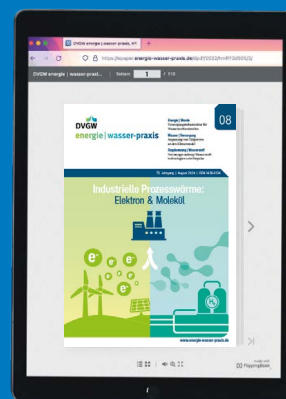
Quelle: UFZ

sehr hoch und repräsentiert im internationalen Vergleich einen exzellenten Standard (Tab. 1). Für das Modell kann deshalb eine gewisse Prognosefähigkeit im Rahmen von Klimaszenarien vorausgesetzt werden. Für eine detaillierte Beschreibung des Modells siehe [14].

Eine Anwendung des Modells auf verschiedene Klimaszenarien, die aus dem ISIMIP-Projekt bereitgestellt werden und somit über eine standardisierte Bias-Korrektur und einheitliche räumliche und zeitliche Auflösung verfügen (siehe www.isimip.org), zeigt große Unterschiede. Bei einer optimis-

tischen Entwicklung unter Einhaltung der Pariser Klimaziele (Erwärmung im Bereich 1,5–2K, Szenario RCP2.6) bleiben Veränderungen der Wasserqualität marginal. Bei pessimistischer Entwicklung des Klimas (Erwärmung im Bereich 5–6K, Szenario RCP8.5) finden umwälzende Veränderungen im Ökosystem statt. Eine wichtige Komponente hierbei ist eine fortschreitende Erwärmung des Tiefenwassers in der Talsperre von bisher ca. 5 °C auf 7–8 °C im Szenario RCP8.5, die im optimistischeren Szenario ausbleibt (Details zu den Temperaturänderungen sind bereits in [13] und [4] publiziert und hier nicht weiter ausgeführt). Diese starke Veränderung der thermischen Struktur und auch eine um 60 Tage längere Schichtungsdauer induzieren im Szenario RCP8.5 starke Auswirkungen auf die Sauerstoff-, Nährstoff- und Phytoplanktodynamik. Sehr sensitiv reagiert dabei der Sauerstoff, der sowohl im Hypolimnion als auch im Metalimnion deutlich abnimmt (Abb. 4 A–D, siehe ▶

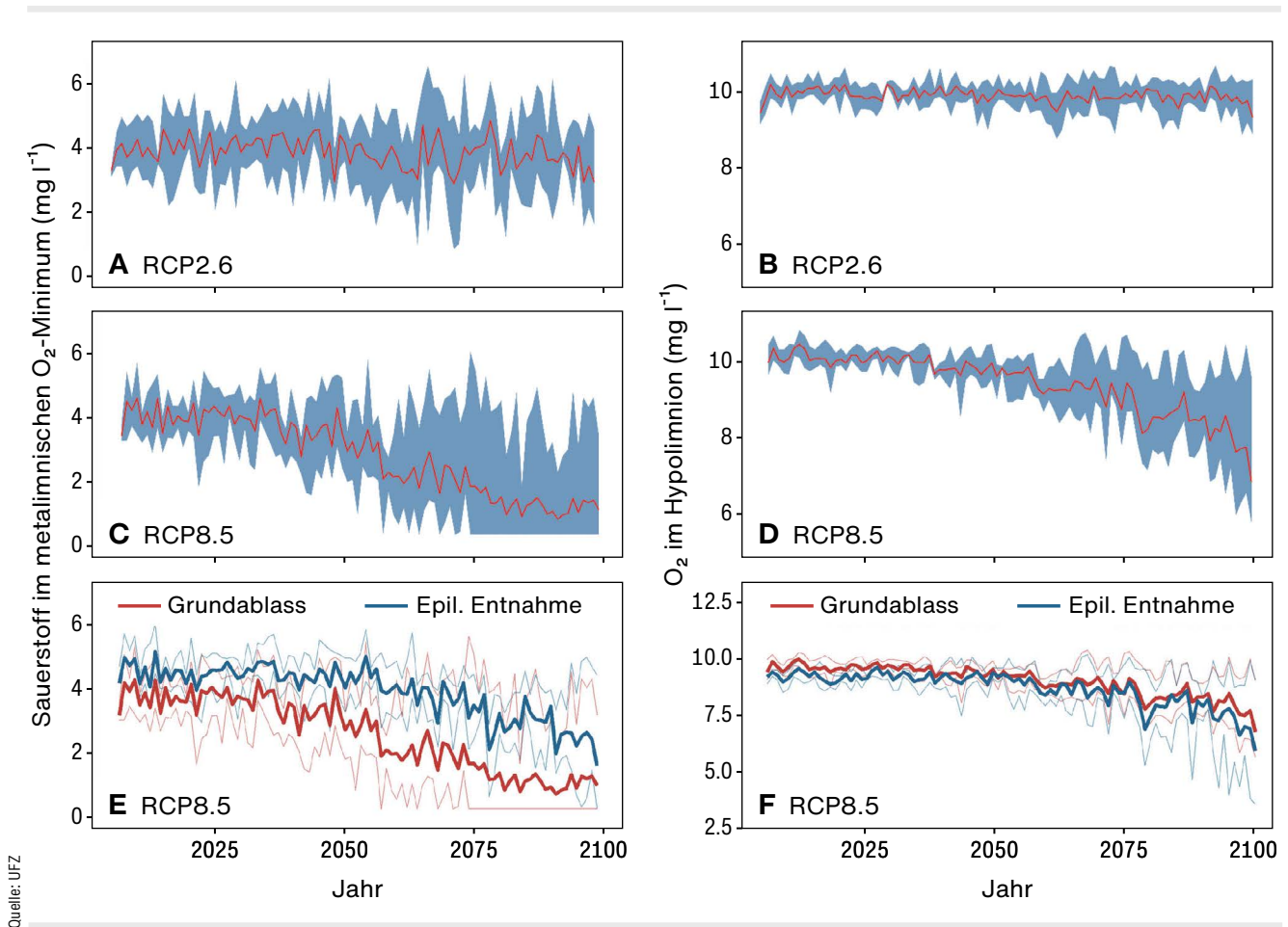
Gemischtes Doppel



Die führende Fachzeitschrift der deutschen Energie- und Wasserbranche + immer als E-Paper mit dabei.

Lesen Sie die DVGW energie | wasser-praxis nicht nur in gedruckter Form, sondern auch digital! Egal, ob auf dem heimischen Bildschirm oder unterwegs via Tablet und Smartphone: Abonnenten und DVGW-Mitglieder können kostenlos auf das E-Paper zugreifen. Weitere Informationen und Anmelde-möglichkeiten finden Sie unter epaper.energie-wasser-praxis.de!





Quelle: UFZ

Abb. 4: Prognose des Sauerstoffgehalts im metalimnischen Sauerstoffminimum (A, C) und im Hypolimnion (B, D; Mittelwert für Tiefen > 35 m) für das optimistische Szenario RCP2.6 (A, B) und das pessimistische Szenario (C, D). Blauer Bereich: Unsicherheit durch unterschiedliche Klimaszenarien. Rote Linie: Mittelwert. Die unteren Grafiken zeigen die Veränderungen in der Sauerstoffdynamik im Szenario RCP8.5, wenn eine optimierte epilimnische Entnahme für die Wildbettabgabe implementiert wird, um sauerstoffarmes Wasser aus dem Metalimnion abzuschlagen.

auch [15]) und gegen Ende des Jahrhunderts Konzentrationsbereiche erreicht, in denen Manganrücklösung eintritt (üblicherweise bei Unterschreitung von 1–2 mg/l Sauerstoff [16]). Hierbei ist zu beachten, dass für das Hypolimnion in **Abbildung 4** der Mittelwert für Tiefen > 35 m dargestellt ist und sich die tiefen, Sediment-nahen Bereiche des Hypolimnions bereits im anoxischen Zustand befinden, während der Mittelwert noch deutlich über 0 mg l⁻¹ Sauerstoff liegt. Da die deutsche Trinkwasserverordnung einen Grenzwert von lediglich 0,05 mg l⁻¹ für gelöstes Mangan vorschreibt, ist eine Manganfreisetzung aus dem Sediment für die Trinkwassergewinnung problematisch und erfordert eine zusätzliche oxidative Behandlungsstufe.

Die Veränderungen der physikalischen Struktur, die Erwärmung und die län-

gere Schichtungsperiode verändern natürlich auch die Ökosystemdynamik, die nicht nur durch eine verlängerte Vegetationsperiode, sondern auch durch höhere Mineralisierung und damit ein höheres Nährstoffrecycling beeinflusst wird. Während im optimistischen Szenario RCP2.6 der Ablauf der Phytoplanktondynamik nahezu gleichbleibt, kommt es bei starker Klimaerwärmung im Szenario RCP8.5 zu tiefgreifenden Veränderungen der Planktonsuccession (**Abb. 5**, siehe auch [15]):

- Früheres Einsetzen der Diatomeenentwicklung im Frühjahr um rund 50 Tage
- Entstehung eines zusätzlichen Diatomeen-Peaks im späten Herbst (November)
- Persistenz der Cyanobakterie *Planktothrix rubescens* im Winter

- Fast ganzjährige Dominanz der Cyanobakterie *Planktothrix rubescens* bezüglich der Gesamtalgenmenge anstelle der bisher dominierenden Diatomeen

In den Lehrbüchern der Limnologie wird der Winter bisher als Ruheperiode charakterisiert, in der Abbauprozesse dominieren und Algenproduktion nur in begrenztem Umfang möglich ist. Diese grundsätzliche Charakteristik verschwindet im Laufe unseres Jahrhunderts bei fortschreitender intensiver Erwärmung. Die Standgewässer in Deutschland konvertieren dann zu einem jahreszeitlichen Verlauf, den wir derzeit von subtropischen oder mediterranen Gewässern kennen und in denen während des Winters Primärproduktion und Algenwachstum stattfindet (z. B. See Geneareth). In diesen Gewässern spielt das Recycling

der Nährstoffe eine wichtigere Rolle, weil die Mineralisierung Temperaturbedingt beschleunigt abläuft. Die zunehmende Rolle von Cyanobakterien ist hierbei eine wichtige Komponente, denn die Zellen können durch Gasvakuolen in der Wassersäule verbleiben und sedimentieren kaum, sodass der übliche Weg der biologischen Nährstoffretention – die Sedimentation von Algen und Detritus – nicht mehr effektiv ablaufen kann.

Für die Wasserversorgung sind diese Veränderungen im Winter besonders relevant, denn in dieser Jahreszeit liegt ein durchmischter Wasserkörper vor und die suspendierten Algen werden im Rohwasser miterfasst. Bisher ist dies bei der Rappbodetalsperre nicht der Fall, denn *P. rubescens* kommt gegenwärtig nur im Sommer vor, wenn die

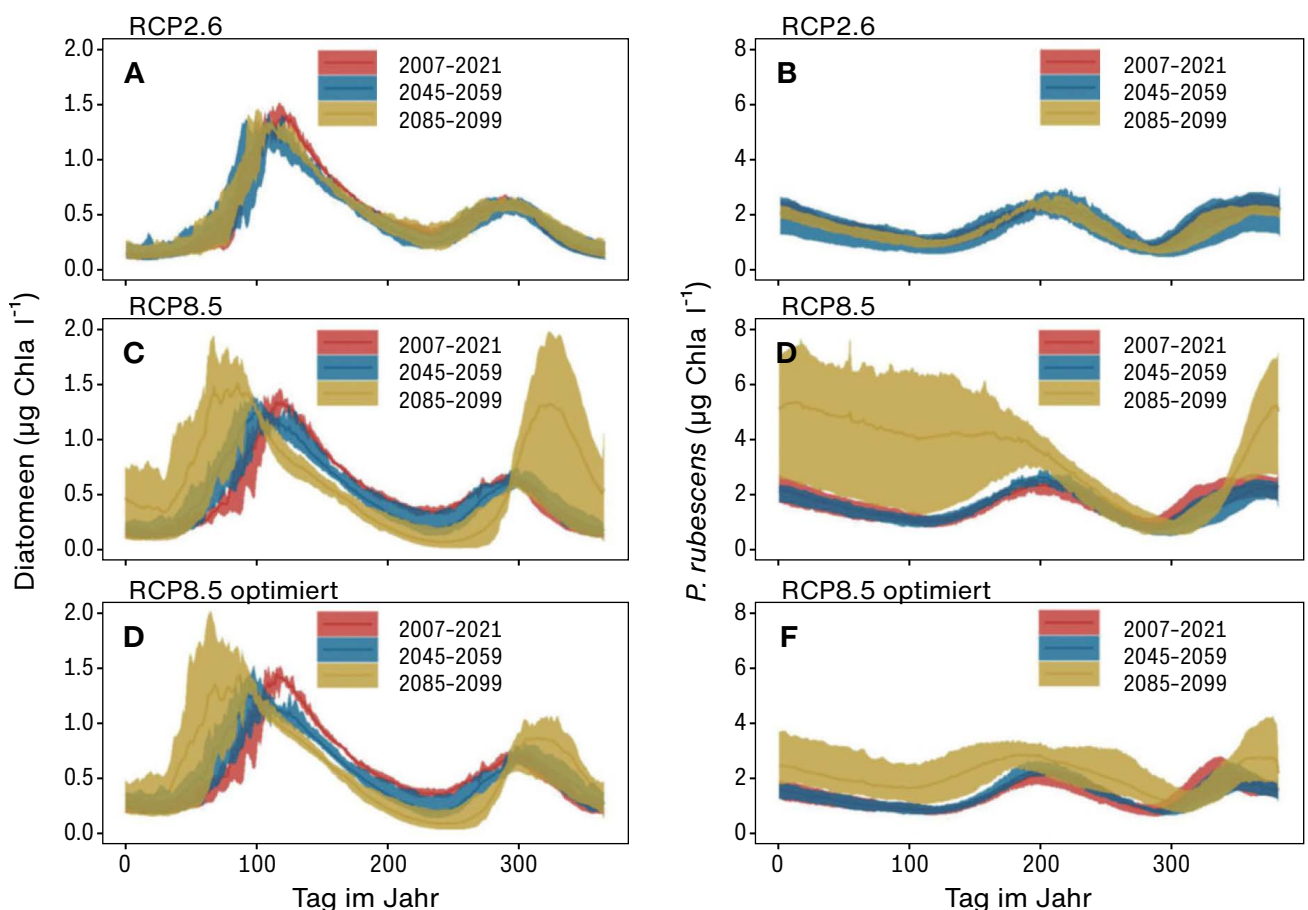
Talsperre geschichtet ist, und bleibt auf das Metalimnion beschränkt (Abb. 3). Zu dieser Zeit wird aber das Rohwasser aus dem tiefen Hypolimnion entnommen, wo die Cyanobakterien nicht vorkommen. Diese Barriere existiert aber in der Zukunft nicht mehr und es wird wahrscheinlicher, dass *P. rubescens* im Rohwasser in nennenswerter Konzentration vorliegen wird.

Für die wasserwirtschaftliche Praxis ist die Interpretation wissenschaftlicher Prognosen nicht trivial, denn man weiß erst hinterher, ob sie zutrafen oder nicht. Gleichzeitig ist eine ernsthafte Reaktion oft mit hohen Investitionen verbunden, die schwer zu legitimieren sind, sollten sich die Prognosen als falsch herausstellen. Hierbei ist es oft hilfreich, zusätzliche Indizien hinzuzuziehen. Im Kontext dieser

Prognosen ist z. B. festzustellen, dass die statistischen Analysen der bisherigen Veränderungen auf der Basis realer Messdaten im Grunde dieselben Trends bestätigen (z. B. hinsichtlich Sauerstoff, Cyanobakterien etc.). Außerdem bieten Extremereignisse einen Blick in die Zukunft. Im Hitze- und Dürrejahr 2019 kam es z. B. in der Tat zu einer späten, herbstlichen Dominanz von Cyanobakterien in der Rappbodetalsperre und einer stärkeren Persistenz derselben während des darauffolgenden milden Winters.

Anpassungsoptionen im Talsperrenmanagement und Synergien zwischen Forschung und Praxis

Eine Talsperre ist ein sehr vielseitig bewirtschaftbares System und bietet Steuermöglichkeiten, über die ▶



Quelle: UFZ

Abb. 5: Saisonale Entwicklung der Diatomeen (A, C, E) und der Cyanobakterie *P. rubescens* (B, D, F) in der Rappbodetalsperre für das optimistische Szenario RCP2.6 (A, B) und das pessimistische Szenario RCP8.5 (C, D). Die Verläufe zeigen aggregierte Ergebnisse für die produktive Schicht (obere 15 m) über 15 Jahre, die dicke Linie zeigt hierbei den mittleren Verlauf und das farbliche Band die Streuung (Minimum/Maximum), die unterschiedlichen Farben repräsentieren mittlere Verläufe in den unterschiedlichen Zeiträumen. Die unteren Grafiken zeigen die entsprechenden Dynamiken für ein optimiertes Management der Talsperre mittels einer selektiven Wasserentnahme (E, F), in der die Entwicklung der Cyanobakterie deutlich gebremst wird.



Der Talsperrenbetrieb hat erheblichen Einfluss auf die Ökosystemdynamik, wodurch wirksame Instrumente zur Klimaanpassung generiert werden können.

ein natürlicher See nicht verfügt. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei die Wasserentnahme aus verschiedenen Tiefen. Während der natürliche See den Ablauf immer oberflächennah hat, kann bei der Talsperre aus verschiedenen Bereichen Wasser entnommen werden. Hierbei wird das Rohwasser zur Trinkwassergewinnung aus gutem Grund aus dem Hypolimnion entnommen, denn das Wasser dort ist kalt und weniger mit Partikeln oder Bakterien belastet. Aber die Abgabe an den Unterlauf (Wildbettaabgabe) kann flexibel gestaltet und dafür genutzt werden, „unerwünschtes Wasser“ zu entfernen. Hierdurch können z. B. sauerstoffarme oder Blaualgen-belastete Wasserschichten abgegeben und damit die Risiken von Güteverschlechterungen vermieden werden. Durch die Ableitung aus dem warmen Epilimnion erfolgt dabei auch immer ein Export von Wärme und im Betrieb der Rappbodetalsperre lässt sich dadurch eine Aufwärmung des Tiefenwassers sogar bei dem pessimistischen Szenario RCP8.5 vermeiden [5].

Unsere Modellsimulationen zeigen, dass auch Variablen wie Sauerstoff, Nährstoffe und Algen hierdurch stark beeinflusst werden. Bei einem tiefenselektiven Betrieb der Wildbettaabgabe, z. B. durch schwenkbare Entnahmefrastrukturen, lässt sich gezielt sauerstoffarmes Wasser aus dem Metalimnion entfernen und damit das Eintreten von Anoxie im Metalimnion selbst bei starker Klimaerwärmung (RCP8.5) vermeiden (Abb. 4E). Auch die Entwicklung der Cyanobakterie *P. rubescens* lässt sich durch eine gezielte Entnahme aus der entsprechenden Wassersicht deutlich begrenzen und die hohen Biomassen der Cyanobakterien im Winter können vermieden werden (Abb. 5E & F). Simulationen zur Identifikation der optimalen Entnahmetiefe und des wirksamsten Zeitfens-

ters zeigen, dass die Wirkung der selektiven Entnahme nicht nur auf der Entfernung der Biomasse der Cyanobakterien beruht, sondern auch durch den Export von Nährstoffen aus den Gewässerzonen mit intensivem Nährstoffrecycling [17], sodass das Wachstumspotenzial für die Cyanobakterien begrenzt wird.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass der Betrieb der Talsperre einen erheblichen Einfluss auf die Ökosystemdynamik hat und hierdurch wirksame Instrumente zur Klimaanpassung generiert werden können. Generell folgt diese Managementstrategie der Umkehrung des „Aschenputtelprinzips“ und somit dem Motto „das Gute ins Kröpfchen und das Schlechte in Töpfchen“ – d. h., qualitativ hochwertiges Wasser wird im Gewässer behalten, während das minderwertige Wasser abgegeben wird. Das gleiche Prinzip lässt sich selbstverständlich auch für den Talsperrenzufluss anwenden, sofern entsprechende Infrastrukturen wie Bypass-Lösungen oder Wasserüberleitungen vorhanden sind. Ein Beispiel bietet auch hier das System der Rappbodetalsperre, das erhebliche Wassermengen per Überleitung aus dem benachbarten Einzugsgebiet der Bode über die Talsperre Königshütte erhält. Bei einer optimierten, Wassergüte-getriebenen Steuerung der Überleitung lassen sich z. B. die DOC-Importfrachten in die Trinkwassertalsperre um 25 Prozent vermindern [18]. Diese Steuermöglichkeiten von Talsperren, die in natürlichen Seen nicht existieren, sind einerseits sehr wirksam hinsichtlich der Wassergütesteuerung, haben aber auch Konsequenzen auf die Wassermenge. Wird Zuflusswasser mit geringer Qualität abgeschlagen, steht es der Stauraumbewirtschaftung nicht zur Verfügung. Wenn eine metalimnische Cyanobakterienpopulation entfernt werden soll,

muss das Wasser der entsprechenden Lamelle aus dem Stauraum entfernt werden. In dem Beispiel der Rappbodetalsperre erfordert die Kontrolle von *P. rubescens* ungefähr 10 Mio. m³, was für die Rappbodetalsperre durchaus eine relevante Wassermenge darstellt, insbesondere in Dürreperioden. Ein vorteilhafter Betrieb erfordert daher eine gute Integration von Wassermengen- und Wassergütesteuerung. Bei Abgabe von schlechter Wasserqualität müssen auch mögliche Auswirkungen auf den Unterlauf beachtet werden.

Dieses selektive Zulauf- und Ablauf-Management stellt daher auch erhöhte Anforderungen an den Betreiber der Talsperre. Zunächst müssen die infrastrukturellen Erfordernisse etabliert werden, was mit sehr hohen und langfristigen Investitionen verknüpft ist. Lange Planungshorizonte erfordern einen rechtzeitigen Planungsbeginn. Diese Randbedingungen gelten auch für andere bauliche Maßnahmen zur Klimaanpassung wie z. B. Mauererhöhungen oder Investitionen in die Trinkwasseraufbereitung (siehe [5] für eine Übersicht über potenzielle bauliche Maßnahmen). Gleichzeitig müssen auch Leitlinien für den Betrieb der Infrastrukturen bereitgestellt werden, die sich in das vorhandene Wassermengen- und Wassergütemanagement der Anlage integrieren. Hier sind Modellwerkzeuge sehr hilfreich, um die Konzepte an zukünftigen hydrometeorologischen Randbedingungen testen zu können und um die Möglichkeiten und Grenzen der Maßnahmen zu identifizieren. Schließlich werden Zustandsinformationen benötigt, die ein entsprechend aufgewertetes Monitoring erfordern. Hier sind in der Regel Nahe-Echtzeit-Monitoringsysteme erforderlich, die sowohl die Wassermengen- als auch die Wasserqualitätsvariablen abdecken. Die Sensorik und Regeltechnik hierfür ist vorhanden und

der Einsatz in Trinkwassertalsperren erprobt [19]. Auch für die Erfolgskontrolle der Maßnahmen ist ein gezieltes und langfristiges Monitoring notwendig, genauso wie auch zur Identifikation langfristiger Trends.

Durch enge Verzahnung von Forschung und Praxis können gerade bei den Anwendungsfeldern Talsperrenmodelle, Klimaprognosen, Monitoringsysteme und Bewirtschaftungsstrategien große Synergien erreicht werden. Dies ist nicht nur im Sinne einer klimaangepassten Talsperrensteuerung und der Wassersicherheit sinnvoll, sondern auch hinsichtlich der Nutzung volkswirtschaftlicher Ressourcen. ■

Literatur:

- [1] Brasseur, G. P., Jacob, D. & Schuck-Zöller, S.: Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Springer-Verlag, 2016.
- [2] Coumou, D., & Rahmstorf, S.: A decade of weather extremes. *Nature Climate Change* 2, 2012, S. 491-496.
- [3] Meerhoff, M., Audet, J., Davidson, T. A., Meester, L. D., Hilt, S., Kosten, S., Liu, Z., Mazzeo, N., Paerl, H., Scheffer, M. & Jeppesen, E.: Feedback between climate change and eutrophication: revisiting the allied attack concept and how to strike back. *Inland Waters Taylor & Francis* 12, 2022, S. 187-204.
- [4] Rinke, K., Mi, C., Matthes, M. & Dietze, M.: Neue Strategien für die Bewirtschaftung der Rappbodetalsperre. In: *wvt Wasserwirtschaft Wassertechnik* 70, 2021.
- [5] Rinke, K., Schultze, M., Mi, C., Shatwell, T., Thober, S. & Cöster, D.: Auswirkungen des Klimawandels auf Talsperren und mögliche Anpassungsstrategien. In: *Wasserwirtschaft* 6, 2023, S. 20-23.
- [6] Moss, B., Kosten, S., Meerhoff, M., Battarbee, R. W., Jeppesen, E., Mazzeo, N., Havens, K., Lacerot, G., Liu, Z., Meester, L. D., Paerl, H. & Scheffer, M.: Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland Waters* 1, 2011, S. 101-105.
- [7] Kosten, S., Huszar, V. L. M., Bécáres, E., Costa, L. S., van Donk, E., Hansson, L.-A., Jeppesen, E., Kruk, C., Lacerot, G., Mazzeo, N., De Meester, L., Moss, B., Lürling, M., Nöges, T., Romo, S. & Scheffer M.: Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes. *Glob. Change Biol.* 18, 2012, S. 118-126.
- [8] Ho, J. C., Michalak, A. M. & Pahlevan, N.: Widespread global increase in intense lake phytoplankton blooms since the 1980s. *Nature* 574, 2019, S. 667-670.
- [9] Nkwalale, L., Schwefel, R., Yaghouti, M. & Rinke, K: A simple model for predicting oxygen depletion in lakes under climate change. *Inland Waters Taylor & Francis*, 2024, S. 1-20.
- [10] North, R. P., North, R. L., Livingstone, D. M., Koester, O. & Kipfer, R.: Long-term changes in hypoxia and soluble reactive phosphorus in the hypolimnion of a large temperate lake: consequences of a climate regime shift. *Global Change Biology* 20, 2014, S. 811-823.
- [11] Lewis, A. S. L., Lau, M. P., Jane, S. F., Rose, K. C., Be'eri-Shlevin, Y., Burnet, S. H., Clayer, F., Feuchtmayr, H., Grossart, H.-P., Howard, D. W., Mariash, H., Delgado Martin, J., North, R. L., Oleksy, I., Pilla, R. M., Smagula, A. P., Sommaruga, R., Steiner, S. E., Verburg, P., Wain, D., Weyhenmeyer, G. A. & Carey, C. C.: Anoxia begets anoxia: A positive feedback to the deoxygenation of temperate lakes. *Global Change Biology* 30, 2024, e17046.
- [12] Woolway, R. I., Kraemer, B. M., Lenters, J. D., Merchant, C. J., O'Reilly, C. M. & Sharma, S.: Global lake responses to climate change. In: *Nature Reviews Earth & Environment* 1, 2020, S. 388-403.
- [13] Mi, C., Shatwell, T., Ma, J., Xu, Y., Su, F. & Rinke, K.: Ensemble warming projections in Germany's largest drinking water reservoir and potential adaptation strategies. *Science of The Total Environment* 748: 141366, 2020b.
- [14] Mi, C., Shatwell, T., Ma, J., Wentzky, V. C., Boehrer, B., Xu, Y. & Rinke, K.: The formation of a metalimnetic oxygen minimum exemplifies how ecosystem dynamics shape biogeochemical processes: A modelling study. *Water Research Elsevier BV* 175: 115701, 2020a.
- [15] Mi, C., Shatwell, T., Kong, X. & Rinke, K.: Cascading climate effects in deep reservoirs: Full assessment of physical and biogeochemical dynamics under ensemble climate projections and ways towards adaptation. *Ambio* 2023. Online unter: <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01950-0>.
- [16] Johnson, C. A., Ulrich, M., Sigg, L. & Imboden, D. M.: A mathematical model of the manganese cycle in a seasonally anoxic lake. *Limnology and Oceanography* 36, 1991, S. 1415-1426.
- [17] Mi, C., Hamilton, D. P., Frassl, M. A., Shatwell, T., Kong, X., Boehrer, B., Li, Y., Donner, J. & Rinke, K.: Controlling blooms of *Planktothrix rubescens* by optimized metalimnetic water withdrawal: a modelling study on adaptive reservoir operation. *Environmental Sciences Europe* 34, 2022, S. 102.
- [18] Zhan, Q., Kong, X. & Rinke, K.: High-frequency monitoring enables operational opportunities to reduce the dissolved organic carbon (DOC) load in Germany's largest drinking water reservoir. *Inland Waters Taylor & Francis* 12, 2022, S. 245-260.
- [19] Seipel, K., Cöster, D. & Rinke, K.: Gewässergütemonitoring der Rappbodetalsperre in Echtzeit. In: *gwf Wasser & Abwasser* 164. 2023, S. 61-65.

Der Autor

Karsten Rinke ist Gewässerökologe
am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und
Professor an der BTU Cottbus-Senftenberg.

Kontakt:

Prof. Dr. Karsten Rinke
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
Department Seenforschung
Brückstr. 3a
39114 Magdeburg
Tel.: 0341 60254449
E-Mail: karsten.rinke@ufz.de
Internet: www.ufz.de



Attraktive Werbeartikel
shop.wvgw.de



Luftaufnahme der Großen Dhünn-Talsperre:
In Zeiten des Klimawandels sind die Aufgaben
Hochwasserschutz und Niedrigwasseraufhöhung
immer schwerer miteinander zu vereinen.

Trockenheit und Hochwasser aus Talsperrenbetreibersicht

Die infolge des Klimawandels verstärkt auftretenden Extremwetterereignisse – längere Hitze- und Dürreperioden auf der einen und Starkregen auf der anderen Seite – stellen auch die Betreiber von Talsperren auf die Probe: Sie müssen mit ihrer Arbeit die immer extremeren Wetterbedingungen abfangen und damit gewissermaßen eine Quadratur des Kreises vollbringen. Der vorliegende Beitrag schildert anhand des Beispiels der Großen Dhünn-Talsperre in Nordrhein-Westfalen, wie Talsperrenbetreiber in diesem Umfeld bestmöglich agieren können.

von: Claudia Klerx (Wupperverband)

Nutzungskonflikte zwischen Trinkwasserbereitstellung, Hochwasserschutz und Niedrigwasseraufhöhung sowie weiteren Anforderungen bezüglich des Wasserangebotes bedeuten in Zeiten des Klimawandels für Talsperrenbetreiber eine große Herausforderung. Wetterextreme zwischen Dürre und Hochwasser erfordern darüber hinaus ein hohes Maß an Flexibilität. In diesem Kontext haben sich auch die wasserwirtschaftlichen Randbedingungen im Einzugsgebiet der Großen Dhünn-Talsperre, der zweitgrößten reinen Trinkwasser-Talsperre Deutschlands, die sich im Bergischen Land im Einzugsgebiet der Wupper befindet, seit der Inbetriebnahme im Jahr 1987 verändert.

Während im Zeitraum zwischen 2008 und 2015 an der Großen Dhünn-Talsperre ausschließlich negative Stauinhaltsbilanzen zu verzeichnen waren und infolgedessen 2015/16 die Rohwasserentnahme erstmalig eingeschränkt wurde, um den Stauinhalt zu schonen, waren die Jahre 2016 und 2021 durch hohe Zuflussmengen geprägt. Die bisherigen Betriebsregeln wurden im Rahmen einer Planfeststellung und auf Basis von wasserwirtschaftlichen Grundlagen, die in den 1970er-Jahren vorlagen, festgelegt. Dadurch wird neben der Lösung von wasserwirtschaftlichen Nutzungskonflikten auch die genehmigungsrechtliche Situation und deren notwendige Novellierung eine Herausforderung.

Wetterextreme und Nutzungskonflikte

Auch das aktuelle Wasserwirtschaftsjahr 2023/24 hat erneut ein Extrem zu verzeichnen. Die Nie-

derschlagssumme hat bereits im Juni etwa die Summe des langjährigen Mittels an der Großen Dhünn-Talsperre erreicht. Ein weiteres Extrem war das Hochwasser 2021, bei dem der Großen Dhünn-Talsperre innerhalb weniger Tage insgesamt 8,5 Mio. Kubikmeter Wasser mit einem Hochwasserscheitel von annähernd 100 Kubikmetern pro Sekunde zufließen. In Bezug auf die Talsperre hat dieses Ereignis zu einer Konsolidierung des niedrigen Speicherinhalts geführt und ca. 10 Prozent des maximal möglichen Stauinhalts von 81 Mio. Kubikmetern inklusive Vorsperren ausgemacht.

Dies zeigt einmal mehr, wie wichtig flexible Betriebsregeln an den Talsperren sind, um solche Situationen genauso zu bewältigen wie Perioden, in denen der Niederschlag ausbleibt. Die **Abbildung 1** zeigt in diesem Zusammenhang die unterschiedlichen Zeiträume des Hochwasser- und des Niedrigwassermanagements.

Als Betreiber der Großen Dhünn-Talsperre ist der Wupperverband verpflichtet, Rohwasserkontingente von 42 Mio. Kubikmetern bereitzustellen. Weiterhin hat die Talsperre als Multifunktionsspeicher auch die Aufgaben, Niedrigwasseraufhöhung und Hochwasserschutz zu gewährleisten. Dies erfordert zusätzlich zu den 42 Mio. Kubikmetern durchschnittlich weitere 6 Mio. Kubikmeter im Jahr an Zuschuss ins Wildbett für die Niedrigwasseraufhöhung. Beide Funktionen – die Rohwasserbereitstellung wie auch die Niedrigwasseraufhöhung – erfordern eine möglichst gut gefüllte Talsperre. Das extreme Hochwasser im Juli 2021 hat gezeigt, dass neben den winterlichen Hochwasser- ▶

Quelle: Arne Müseiler/commons.wikimedia.org

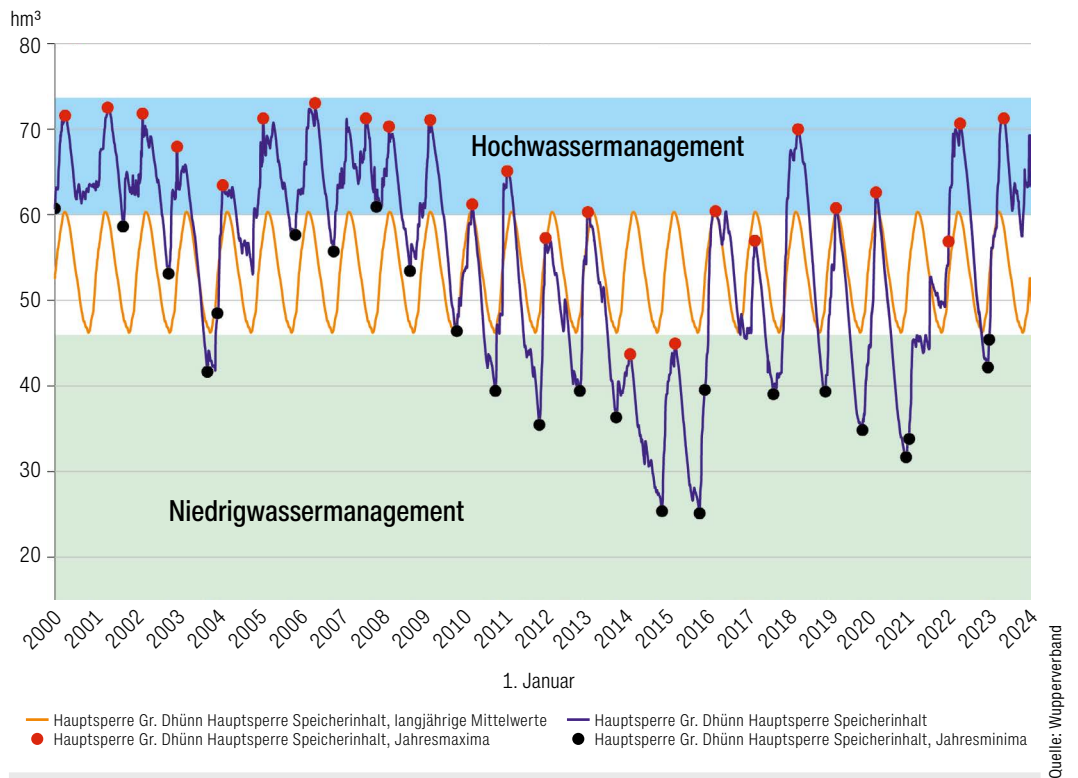


Abb. 1: Überblick über die Talsperrenfüllstände ab dem Jahr 2000 und die sich daraus ableitenden Zeiträume des Hochwasser- und Niedrigwassermanagements

schutzräumen auch Sommerretention wichtig sein kann, um Hochwasserabflüsse zu dämpfen und das Risiko für Menschenleben sowie Sachgüter im Unterlauf der Talsperre zu reduzieren. Die Talsperrenbewirtschaftung kann hier als ein ergänzender Baustein im Hochwasserisikomanagement angesehen werden. Ein vollständiger Rückhalt von Hochwasserzuflüssen insbesondere in den Sommermonaten ist mit den technischen Gegebenheiten der Talsperre allerdings nicht umsetzbar. Sommerretentionsräume stehen in direkter Konkurrenz zu anderen Nutzungen (wie z. B. der Niedrigwasser-

aufhöhung oder der Rohwasserbereitstellung). Die **Abbildung 2** veranschaulicht die verschiedenen Nutzungskonflikte.

Auch der 10-Punkte-Arbeitsplan des Landes Nordrhein-Westfalen aus dem Januar 2022 beschreibt die Herausforderung bezüglich der Nutzungskonflikte wie folgt: „Nach der Hochwasserkatastrophe 2021 kam die Forderung auf, die Wirkung der Talsperren auf den Hochwasserabfluss unterhalb liegender Gewässer zu verbessern. In den Trockenjahren vor 2021 wurde gefordert, dass sich das Talsperren-

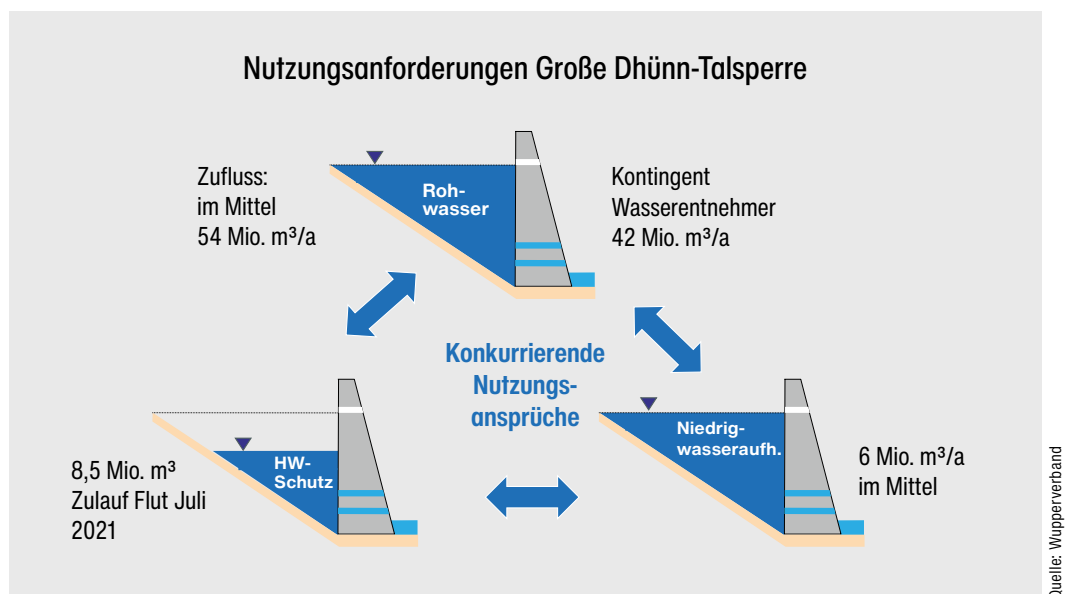


Abb. 2: Nutzungsanforderungen an die Große Dhünn-Talsperre

management verstärkt dem Thema Trockenheit stellen sollte. Beide Forderungen sind im Grundsatz berechtigt und ihnen soll – soweit möglich, nachgekommen werden. Letzten Endes geht es um die Quadratur des Kreises“ [1]. Dies zeigt, wie groß die Herausforderung ist, gute Lösungen im Klimawandel für alle Interessen zu finden und der Betreiberverantwortung nachzukommen.

Klimawandel bedeutet Veränderungen in Wassermenge und -güte

Veränderte Niederschlagsmuster im Jahresverlauf erfordern angepasste wassermengeneconomische Entscheidungen. Aber auch bei der Gewässergüte sind vor allem durch häufigere Unterschreitungen von Mindesttalsperrenfüllständen und Temperaturerhöhungen stärkere Extreme zu verzeichnen. In den letzten Jahren hat sich dies beispielsweise durch das Auftreten von Manganrücklösungen im Hypolimnion aus dem Sediment bemerkbar gemacht (Abb. 3).

Weiterhin ist die nutzbare Lamelle des Rohwassers mit einer Temperatur von nicht deutlich über 13 °C als Anforderung aus der Trinkwasseraufbereitung bei geringerem Stauspiegel natürlich ebenfalls kleiner, was bei gleichzeitigem Vorhandensein der Plankthotrix wie im Jahr 2019 die nutzbare Rohwassermenge weiter einschränkt.

In Bezug auf Hochwässer gelangen bei starken Niederschlägen und den damit verbundenen Erosionen Trübstoffe in die Talsperre, was zumindest auch auf Dauer Einfluss auf die Güte nehmen wird. Durch den Verlust von 30 Prozent des Waldes durch die Borkenkäferkalamität, der auch in direktem Zusammenhang mit dem Klimawandel und den damit einhergehenden Kahlflecken steht, ist zumindest die Hochwasserbremsfunktion des Waldes deutlich vermindert. Auch dies ist bei Starkregen mit größeren Einträgen in die Talsperre verbunden.

Um die Talsperrenbewirtschaftung auf diese sich ändernden Randbedingungen einzustellen ▶

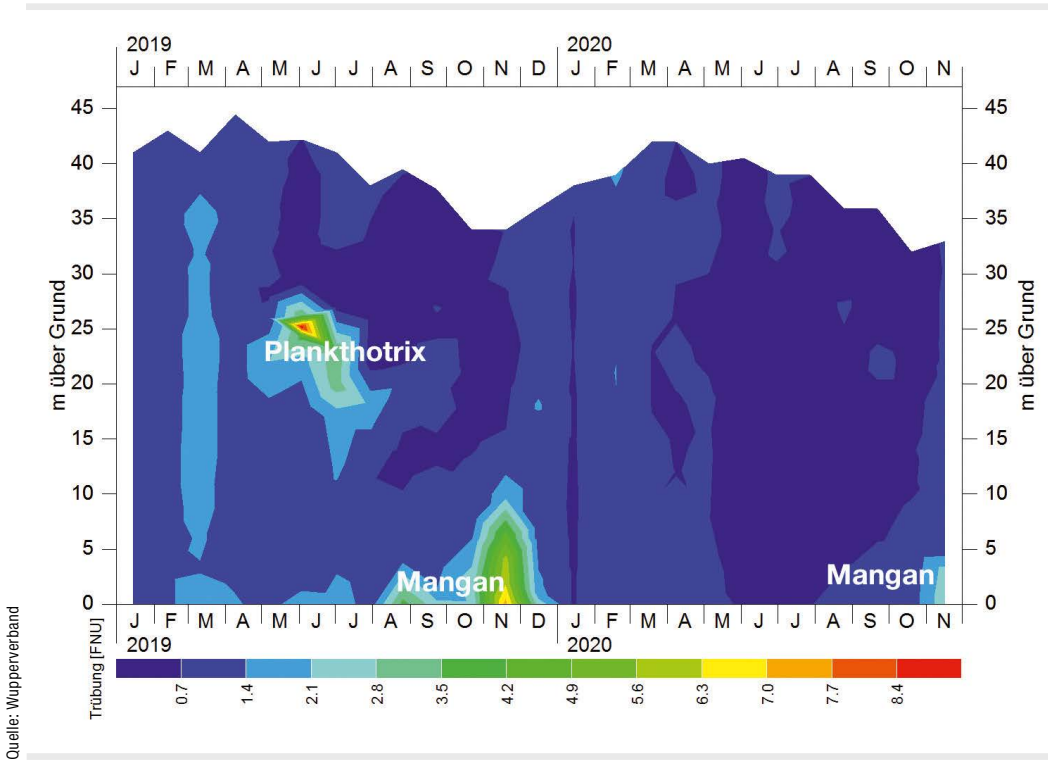


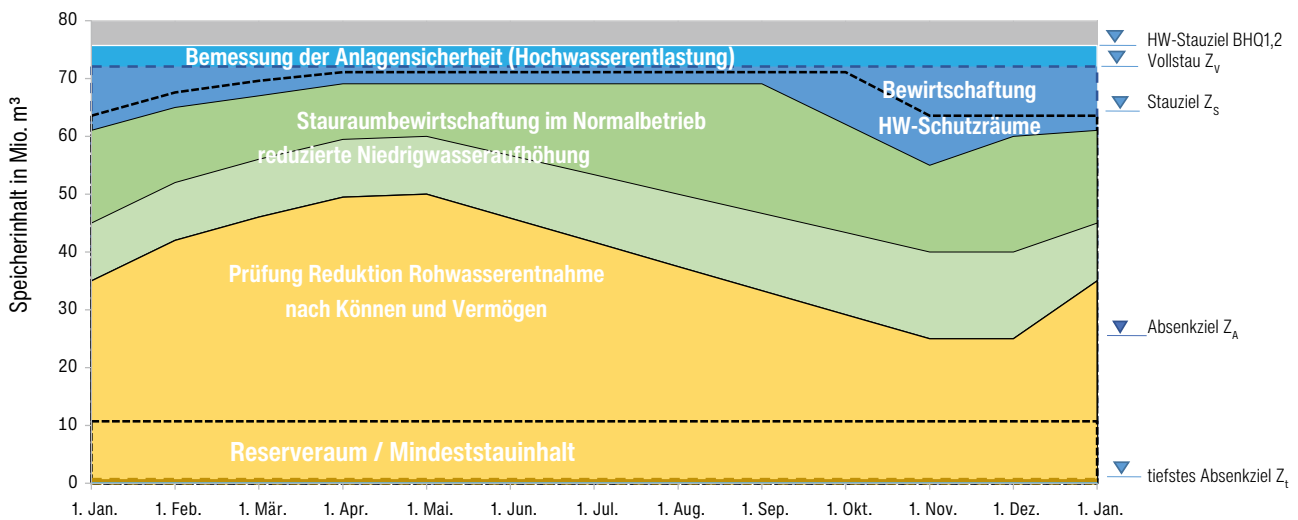
Abb. 3: Trübung in den Jahren 2019 und 2020 mit Darstellung der Manganrücklösung und Plankthotrix

Planung, Simulation & Optimierung für Netze und Anlagen

www.3sconsult.de — Kompetente Beratung und exzellente Software seit 1986

3S Consult

Entwurf eines dynamischen Betriebsplanes für die Große Dhünn-Talsperre



Quelle: Wupperverband

Abb. 4: Entwurf eines Lamellen-Betriebsplans

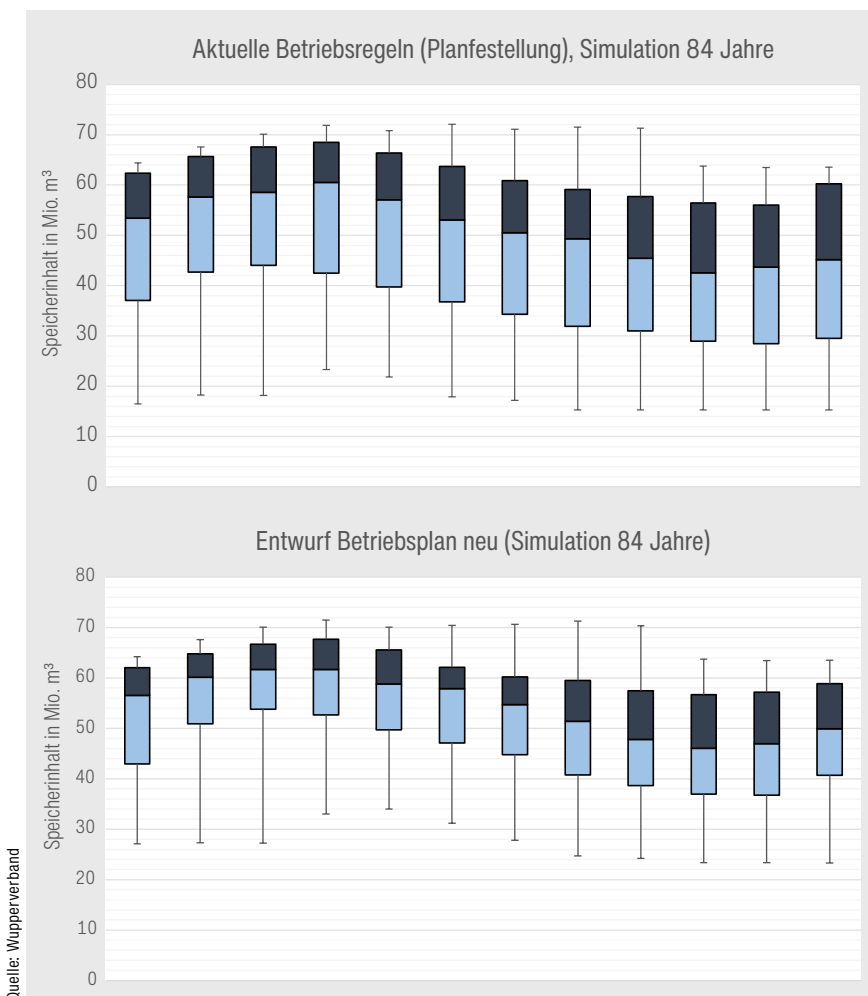
len, ist der Wupperverband seit dem Jahr 2015 mit der Aufsichtsbehörde im Dialog, um die derzeit in der Planfeststellung als starre Zahlen fixierten Regeln zu ändern. Zu diesem Themen-

komplex wurden bereits mehr als 30 Konversationen geführt. Zwischen den Jahren 2019 und 2021 wurde die derzeit gleichbleibende Niedrigwasseraufhöhung im Unterlauf der Tal-

sperre bei geringen Füllständen versuchsweise reduziert. Das begleitende Monitoring ergab, dass Potenzial zur Reduzierung vorhanden ist, ohne dass die in der Genehmigung zur Reduzierung der Niedrigwasseraufhöhung festgesetzten Grenzwerte überschritten wurden. Auch für eine volle Talsperre sind Flexibilisierungsideen in die neuen Regeln eingeflossen. Vorrangiges Ziel zur Dynamisierung bei gutem Füllstand in der Großen Dhünn-Talsperre ist es, die morphologische Entwicklung der unteren Dhünn durch natürliche Hochwässer, die sich am Zuflusspegel Neumühle orientieren, nachhaltig zu unterstützen. Im ereignisbezogenen Betrieb ist zukünftig eine Steuerung in Anlehnung an den Zuflusspegel und die Kapazität des Unterlaufes vorgesehen. So wurde auch den Dynamisierungsforderungen aus der EU-Wasserrahmenrichtlinie Rechnung getragen.

Das Ergebnis all dieser Überlegungen zur zukünftigen Steuerung der Wassermenge und -güte ist ein Lamellen-Betriebsplan, der die verschiedenen Anforderungen bestmöglich abbildet (Abb. 4).

Abb. 5: Vergleich der Speicherinhaltsentwicklung nach den aktuellen Betriebsregeln (oben) und dem neuen Betriebsplanentwurf (unten)



Quelle: Wupperverband

Mit diesem Bewirtschaftungskonzept konnte auf Basis von Simulationen über 84 Jahre nachgewiesen werden, dass eine deutliche Verbesserung der Betriebssicherheit bewirkt und die Klimaresilienz erhöht wird (Abb. 5). Derzeit befindet sich dieser Plan noch im Entwurfsstadium.

Genehmigungen und Verwaltungsverfahren

Konkrete Regelungen für Niedrigwasseraufhöhung und Hochwasserschutzräume sind gemäß DIN 19700 in Betriebsplänen zu fassen und von der Aufsichtsbehörde zu genehmigen. Dass an der Großen Dhünn-Talsperre diese Festlegungen im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens mit Öffentlichkeitsbeteiligung erfolgt sind, macht ein Herauslösen der Regelungen aus dieser Genehmigung innerhalb einer Planfeststellungsänderung mit Öffentlichkeitsbeteiligung unerlässlich. Der Antrag ist gestellt und derzeit läuft das Beteiligungsverfahren.

Ist dieser Prozess abgeschlossen und die Planfeststellung mit Streichung der Betriebsregeltextpassagen geändert, muss anschließend der neue Betriebsplan beantragt und genehmigt werden. Die Antragstellung zur Erneuerung des Betriebsplanes ist derzeit in Vorbereitung. Diese langwierigen Verwaltungsprozesse stehen im direkten Widerspruch zur schnellen Anpassung des Hochwasserschutzes mit den Erkenntnissen aus dem Hochwasser 2021 und dem 10-Punkte-Arbeitsplan Hochwasserschutz des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen. Betreiber müssen die Verantwortung für ihr Handeln übernehmen, indem sie auf den Klimawandel reagieren. Einen Starkregen, gepaart mit Dauerregen, hat es bisher in dieser Dimension im Sommer im Ber-

gischen noch nicht gegeben. Daher war bislang auch kein Hochwasserschutzraum für die Sommermonate vorgesehen. Das derzeit vorhandene Reaktionspotenzial auf die erlangten Erkenntnisse ist aufgrund der Langwierigkeit von Verwaltungs- und Nachweisverfahren allerdings gering.

Eine weitere Anforderung bei der Änderung von Regeln im Genehmigungsverfahren besteht hinsichtlich des Nachweises der Würdigung des Verschlechterungsverbotes gemäß EU-Wasser-Rahmenrichtlinie. Als Verschlechterung des ökologischen Zustands/Potenzials eines Oberflächenwasserkörpers ist definiert, dass sich der Zustand bzw. das Potenzial mindestens einer biologischen Qualitätskomponente um eine Klasse verschlechtert, auch wenn diese Verschlechterung nicht zu einer Verschlechterung der Einstufung des Oberflächenwasserkörpers insgesamt führt.

Wenn sich Randbedingungen im Zuge des Klimawandels grundlegend ändern, müssen deutliche Anstrengungen unternommen werden, um den aktuellen Zustand überhaupt halten zu können. Eine Talsperre im Bereich des Mindeststauziels kann in Dürrezeiten dann deutlich weniger Niedrigwasseraufhöhung leisten. Die Umweltauswirkungen sind unter Umständen dann viel drastischer als bei einer maßvollen Reduzierung im Unterlauf, um den Speichergehalt frühzeitig zu schonen. Diese Betrachtungsweise ist aber genehmigungstechnisch genauso wenig möglich wie der Versuch, in der Gesamtbetrachtung des Flussgebiets unter Berücksichtigung des Klimawandels und aller Nutzungsinteressen den bestmöglichen Zielzustand zu erreichen, wenn erkannt wird, dass die jetzigen Regeln unter Berücksichtigung des Klimawan-

dels eine schlechtere Option darstellen. Dabei ist aufgrund der Komplexität des gesamten wasserwirtschaftlichen Systems, insbesondere der Auswirkungen des Talsperrenfüllstandes auf die Gewässergüte im Unterlauf, fachlich unbedingt eine Gesamtbetrachtung von Talsperre, Fließgewässer und Einleitungen notwendig. Vorteile des kompletten Flussgebietsmanagements aus einer Hand beim Wasserverband als Anlagenbetreiber ist, dass fachlich fundiert alle Themen diskutiert, bewertet und im Sinne der ganzheitlichen Betrachtung gute Lösungen erzielt werden können. Mit diesen Lösungen kann aber auch nur mit dem Klimawandel Schritt gehalten werden, wenn die aktualisierten Bewirtschaftungsregeln durch zeitlich angepasste Verwaltungsverfahren in die Praxis umgesetzt werden können. Nur so sind die Betreiber in der nächsten Dürreperiode oder dem nächsten Hochwasser ausreichend handlungsfähig. ■

Literatur

[1] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Lernen aus dem Hochwasser - 10-Punkte Arbeitsplan Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels. Online unter www.land.nrw/media/25821/download, abgerufen am 25. Juli 2024.

Die Autorin

Claudia Klerx leitet den Bereich Talsperrenmanagement beim Wasserverband in Wuppertal.

Kontakt:

Claudia Klerx
Wupperverband
Untere Lichtenplatzer Str. 100
42289 Wuppertal
Tel.: 0202 58-3337
E-Mail: ckl@wupperverband.de
Internet: www.wupperverband.de

Besuchen Sie uns online: shop.wvgw.de



Klimawandel und Talsperrenbewirtschaftung im Harz

Insgesamt drei Millionen Menschen sowie unzählige Industrie- und Gewerbebetriebe aus fünf Bundesländern beziehen ihr **Trinkwasser aus dem Einzugsgebiet des Harzes**. An den neun Trinkwassertalsperren, die in dem norddeutschen Mittelgebirge betrieben werden, ist der Klimawandel bereits deutlich zu spüren: Längere Trocken- und Hitzeperioden, stärker schwankende Zuflussmengen **und weitere negative Folgen werden die zuverlässige Versorgung** der Bevölkerung in Zukunft noch herausfordernder machen. Die Betreiber der Trinkwassertalsperren Niedersachsens, Sachsen-Anhalts und Thüringens erörtern vor diesem Hintergrund in diesem gemeinsamen Fachbeitrag, welche möglichen Konsequenzen und **Anforderungen sich daraus für die zukünftige Talsperrenbewirtschaftung** ergeben können.

von: Maren Dietze (Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt), Patrick Nistahl (Harzwasserwerke GmbH) & Markus Möller (Thüringer Fernwasserversorgung)



Innerstetalsperre im Nordwesten des Harzes:
Die hydrometeorologischen Daten der Talsperrenbetreiber belegen, dass der Klimawandel bereits heute in der Region in vollem Gang ist.

Quelle: Harzwasserwerke

sowie eine Abnahme der klimatischen Wasserbilanz insbesondere im Sommerhalbjahr voraus [1]. Auch im Harz als höchstem Mittelgebirge Norddeutschlands ist als direkte Folge perspektivisch mit längeren und intensiveren Trockenperioden sowie insgesamt stärker schwankenden Zuflussmengen zu rechnen. Trockenheit wird für Talsperrenbetreiber dann zum Problem, wenn das jährliche Wasserdargebot geringer ist als der Wasserbedarf und die Minderung nicht mehr ausreichend über den Stauraum der Talsperre ausgeglichen werden kann. Vor diesem Hintergrund stellt sich für den Harz die Frage, ob die Rohwasserbereitstellung aus den Trinkwassertalsperren auch in Zukunft sicher ist und welche Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden müssen. Das öffentliche sowie das fachliche Interesse an dieser Thematik ist groß. Durch den Klimawandel hervorgerufene Trockenheit, aber auch Starkregenhochwasser (wie z. B. im Jahr 2017) sowie das Auftreten von insgesamt fünf Trockenjahren in Folge (2018–2022) haben die Harzwasserwerke GmbH (HWW), den Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt AöR (TSB) und die Thüringer Fernwasserversorgung AöR (TFW) dazu veranlasst, hydrometeorologische Auswertungen zu erstellen und diese in einer gemeinsamen Dokumentation zu vereinen.

In dem Fachbeitrag werden zunächst die verschiedenen Beobachtungsgebiete und Betreiber beschrieben. Es folgt ▶

20 JAHRE HYGIENEKONZEPTE

INNOWATECH

Transport- und Notfall-Chlorung von Trinkwasser im Wasserwerk ohne Gefahrstoffe

Der Harz spielt eine bedeutende Rolle als Rohwassergewinnungsgebiet für die öffentliche Trinkwasserversorgung von ca. 3 Mio. Menschen in insgesamt fünf Bundesländern. Neben zahlreichen örtlichen Wassergewinnungsanlagen erfolgt ausgehend von insgesamt neun Trinkwassertalsperren eine zentrale Wasseraufbereitung und -verteilung über große Distanzen mit Fernwasserversorgungssystemen in alle Himmelsrichtungen.

Die große Mehrzahl der Klimaprognosen für Mitteleuropa sagt für die kommenden Jahrzehnte steigende Temperaturen, geringere Schneerücklagen, eine höhere Verdunstung

INNOWATECH GmbH
D-72186 Empfingen
☎ (07485) 97 87 470
www.innowatech.de



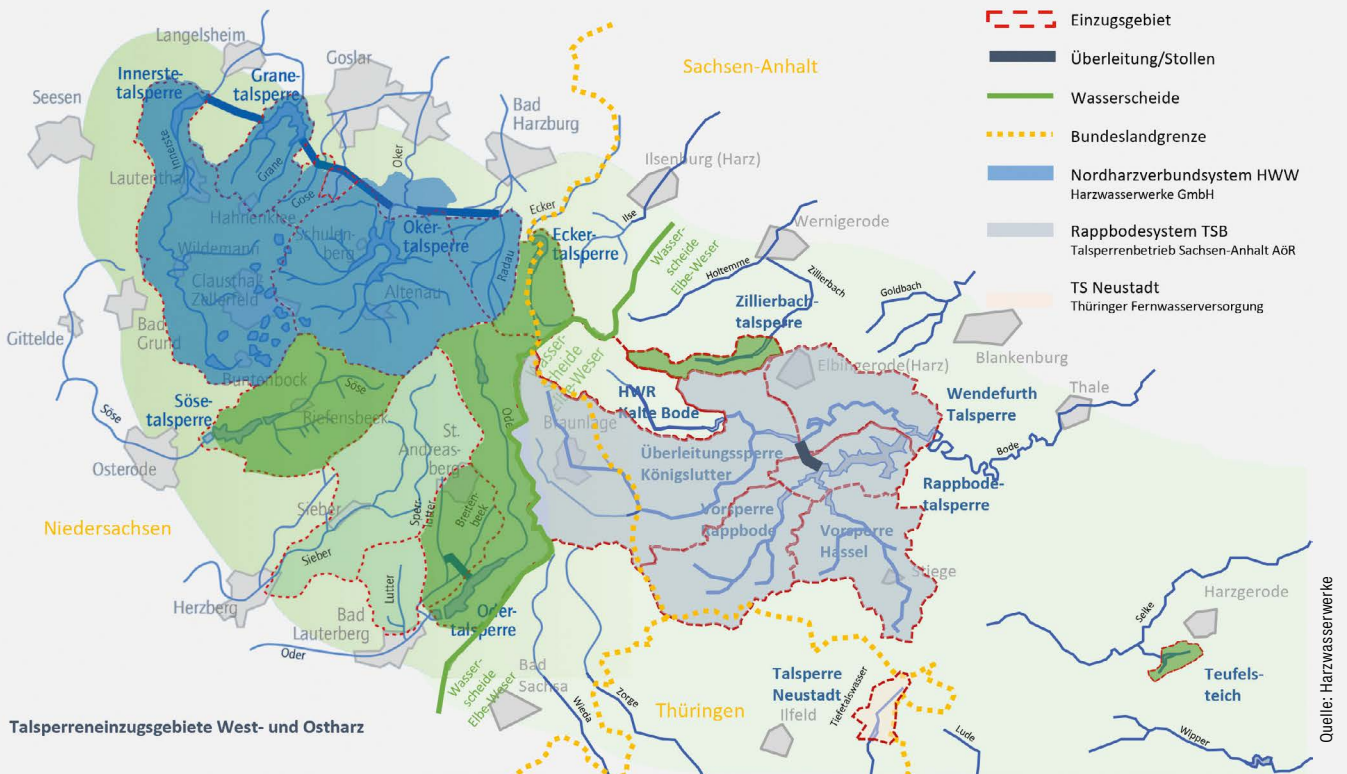


Abb. 1: Lage der Talsperreneinzugsgebiete der drei Betreiber im Harz

eine gegenüberstellende Auswertung der mittleren Jahresniederschläge in den zwei Beobachtungszeiträumen 1991–2020 und 2001–2023 mit der Klimareferenzperiode 1961–1990. Dabei werden die saisonalen Trends im Niederschlag bei ausgewählten Stationen verglichen. Die Ergebnisse sollen dann mit den Beobachtungen zur Veränderung der Talsperrenzuflüsse in den einzelnen Gebieten verglichen und einer Bewertung unterzogen werden. Abschließend werden auf Basis der Betrachtungen Angaben zur Einschätzung der Veränderung des Wasserangebotes sowie zu möglichen operativen Anpassungsmaßnahmen in der Bewirtschaftung gemacht.

Das Trinkwassergewinnungssystem im Harz

Die Harzwasserwerke GmbH betreiben im westlichen Teil des Harzes insgesamt sechs große Talsperren, von denen fünf der Trinkwassergewinnung dienen. Während die Söse-, Ecker- und Granetalsperre mit eigenem Wasserwerk ausgestattet sind, haben die Oker- und Innerstetalsperre eine wich-

tige Funktion als Beileitungstalsperren im Nordharzverbundsystem. Als multifunktionale Stauanlagen erfüllen alle Talsperren darüber hinaus Hochwasserschutzfunktionen und dienen der Niedrigwasseraufhöhung sowie der regenerativen Stromerzeugung.

Das Trinkwassergewinnungssystem besitzt inklusive aller Beileitungen eine Einzugsgebietsgröße von insgesamt 320 km². Vom mittleren Gebietsabfluss werden rund 30 Prozent für die Trinkwassergewinnung genutzt. Die drei Trinkwassertalsperren Söse, Ecker und Grane haben zusammen ein Fassungsvermögen von 85 Mio. m³ und die Entnahmerechte für die Trinkwassergewinnung belaufen sich auf 78 Mio. m³/Jahr.

Der Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt betreibt im Ostharz drei Trinkwassertalsperren: die Rappbode-talsperre mit dem Bodetalperrensystem, die Zillierbachtalsperre bei Wernigerode und den Teufelsteich bei Harzgerode. Die Rappbode-talsperre ist mit 106 m die höchste Staumauer Deutschlands und verfügt mit einem Vollstauinhalt von

109,1 Mio. m³ über das größte Stauraumvolumen aller deutschen Trinkwassertalsperren. Sie ist ein Überjahresspeicher mit einem Ausbaugrad von > 1,1 und einer mittleren Jahreszuflussmenge von 95,0 Mio. m³ (1971–2020). Aus der Rappbode-talsperre wurden im Mittel der letzten 13 Jahre (2011–2023) 46,2 Mio. m³/Jahr Rohwasser entnommen, was einem spezifischen Trinkwasserbedarf von rund 1,2 Mio. Einwohner entspricht. Neben der Rohwasserbereitstellung dient das Bodetalperrensystem dem Hochwasserschutz, der Niedrigwasseraufhöhung und der Energiegewinnung.

Die Talsperre Neustadt der Thüringer Fernwasserversorgung befindet sich am südlichen Rand des Harzes und somit auf der Lee-Seite des Gebirges. Mit 5,3 km² ist das Einzugsgebiet dieser 1,24 Mio. m³ fassenden Talsperre eher ein kleineres der hier betrachteten Stauanlagen. Das Rohwasser der Talsperre Neustadt dient dem örtlichen Wasserzweckverband im Verbund mit lokalen Grundwasservorkommen zur Versorgung großer Teile der Bevölkerung im Landkreis Nordhausen.

Beobachtete hydrometeorologische Veränderungen

Sowohl im westlichen als auch im östlichen Harz konnte zuletzt eine Häufung von hydrometeorologischen Extremereignissen beobachtet werden. Auf ein extremes Starkregenhochwasser im Sommer 2017 folgte von 2018 bis 2022 eine in den Beobachtungen der Betreiber bisher einmalig lange Trockenperiode, die wiederum von einem deutlich überdurchschnittlich nassen hydrologischen Jahr 2022/23 inklusive Hochwasser zum Ende des Kalenderjahres 2023 beendet wurde.

Beobachtete Veränderungen im Niederschlag

Besonders nach der langen Trockenphase von 2018 bis 2022 mit kumulierten Niederschlagsdefiziten von ca. 70 bis 90 Prozent einer durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge kommt bei den Talsperrenbetreibern die Frage nach langfristigen Veränderungen der Jahresniederschlagsmenge als wichtige Größe des verfügbaren Wasserdargebots auf. Hierfür wurden an insgesamt 17 Niederschlagsstationen, welche vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und von HWW, TSB und TFW betrieben werden, die langfristigen Jahresmittel-

werte 1991–2020 und 2001–2023 mit der Klimareferenzperiode 1961–1990 verglichen. Anschließend erfolgte beispielhaft an der DWD-Station Braunlage im Zentralharz die Untersuchung eventuell vorhandener saisonaler Trends für das Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) und das Winterhalbjahr (November bis April). Die Ergebnisse in **Tabelle 1** zeigen, dass im rezenten Klimazeitraum 1991–2020 mit Ausnahme von zwei Stationen die langfristigen Jahresniederschläge gegenüber der Klimareferenzperiode leicht zugenommen haben, wobei die Zuwächse +1 bis +10 Prozent betragen. Bei Betrachtung

Tabelle 1: Mittlere Jahresniederschläge für die Perioden 1991–2020 und 2001–2023 im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961–1990 an insgesamt 17 Niederschlagsstationen im Harz

Station [Höhe in müNN]	N in Periode 1961–1990 [mm]	N in Periode 1991–2020 [mm]	Differenz [%]	N in Periode 2001–2023 [mm]	Differenz [%]
Clausthal [561 m]	1.322	1.399	6 %	1.407	6 %
Hahnenklee [553 m]	1.277	1.323	4 %	1.301	2 %
Schulenberg [470 m]	1.280	1.308	2 %	1.282	0 %
Altenau [420 m]	1.301	1.339	3 %	1.274	-2 %
Torfhaus [805 m]	1.470	1.418	-4 %	1.374	-7 %
Eckertalsperre [506 m]	1.026	1.058	3 %	1.026	0 %
Granetalsperre [311 m]	899	913	2 %	899	0 %
Innerstetalsperre [230 m]	918	962	5 %	955	4 %
Brocken [1.142 m]	1.767	1.784	1 %	1.738	-2 %
Braunlage [607 m]	1.264	1.321	5 %	1.270	0 %
Schierke [609 m]	1.263	1.296	3 %	1.244	-2 %
Sorge [508 m]	962	1.061	10 %	1.074	12 %
Stiege [504 m]	815	825	1 %	748	-8 %
Rappbodetalsperre [430 m]	647	707	9 %	657	2 %
TS Neustadt [453 m]	801	874	9 %	851	6 %
Harztor Ilfeld Hufhaus [528 m]	810	873	8 %	844	4 %
Südharz Hayn [434 m]	704	746	6 %	730	4 %

Quelle: die Autoren



BRUNNENAKTIEN

Das **besondere Geschenk**
für Ihre Partner und Kunden

www.arche-nova.org/brunnenaktie



arche noVa
Initiative für Menschen in Not

tung der letzten 23 hydrologischen Jahre seit der Jahrtausendwende ist lediglich an acht Stationen eine Zunahme zu beobachten, an den verbleibenden neun Stationen zeigt sich keine Veränderung oder sogar ein leichter Rückgang des Jahresniederschlags. Dadurch spiegelt sich auch der Einfluss der mehrjährigen Trockenperiode 2018–2023 wider.

Die Kenntnis des langfristig mittleren Niederschlagsaufkommens ist für die Wasserbilanzierung und Ressourcenplanung von großer Bedeutung, jedoch besitzen für die operative Speicherbewirtschaftung einzelne oder aufeinanderfolgende Trockenjahre eine besondere Relevanz. Deren Auswirkung wird in einer Mittelwertbildung über 30 Jahre quasi maskiert.

Die **Abbildung 2** enthält die saisonalen Trends des Niederschlagsaufkommens an der DWD-Station Braunlage im Zentralharz seit dem Aufzeichnungsbeginn im Jahr 1931. Ähnliche Ergebnisse wurden für die anderen Stationen ermittelt, aus Gründen der Darstellung und Übersichtlichkeit wird nachfolgend aber auf die repräsentativ gelegene Station Braunlage fokussiert. Hier zeigt sich im Winterhalbjahr über die gesamte Zeitreihe eine leicht ansteigende Tendenz, dabei nehmen die Minima-Werte ebenfalls zu. Im Sommerhalbjahr hingegen wird ein gegenläufiger Trend beobachtet, mit einem insgesamt leicht abnehmenden Trend.

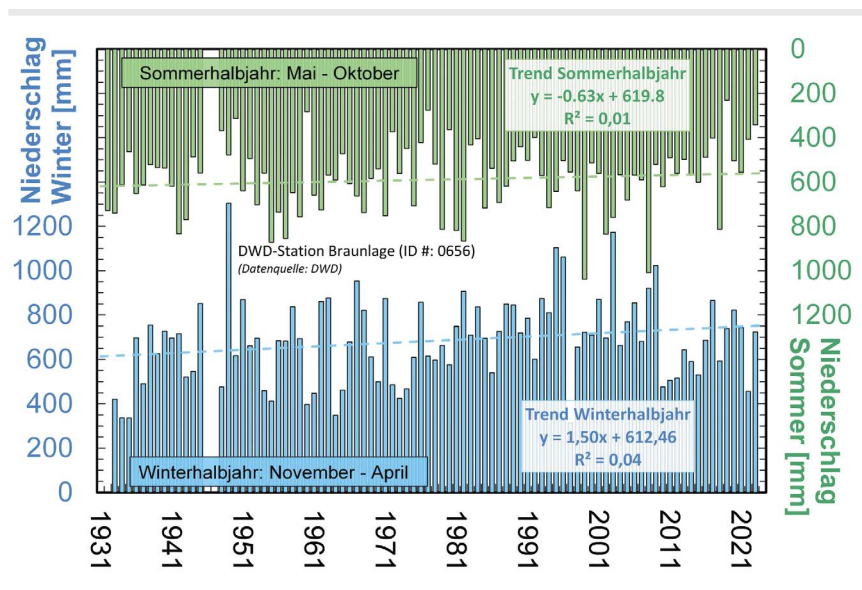


Abb. 2: Saisonale Trends des Niederschlags an der DWD-Station Braunlage

Quelle: Thüringer Fernwasserversorgung

Dabei werden auch die Minima-Werte insgesamt kleiner – der mit Abstand geringste Sommerniederschlag wurde im Jahr 2018 mit 231 mm gemessen. Somit lässt sich insgesamt feststellen, dass es im langjährigen Mittel zu einer graduellen Verschiebung des Niederschlagsdargebotes vom Sommer- in das Winterhalbjahr kommt, wodurch somit die Saisonalität des Niederschlags zunimmt. Dieser Effekt wird in einzelnen Nass- und Trockenjahren noch deutlich verstärkt.

Beobachtete Veränderungen im Talsperrenzufluss

Analog zur Analyse der Veränderungen des Niederschlags sind in **Tabelle 2** die

jährlichen Veränderungen des natürlichen Zuflusses zum Rappbodesystem, zur Talsperre Neustadt und zum Nordharzverbundsystem (NHVS) dargestellt. Während die Niederschlagshöhen an den meisten Stationen im Harz zwischen der Referenzperiode 1961–1990 und der aktuellen Klimaperiode 1991–2020 leicht zugenommen haben, kann bei den Talsperrenzuflüssen für die gleichen Zeiträume eine leichte Abnahme (NHVS und Rappbodetalsperrensystem) bzw. eine deutliche Abnahme (TS Neustadt) festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Gebietswasserbilanzgleichung kann diese Diskrepanz mit einer signifikanten Steigerung der realen Evapotranspiration im

Tabelle 2: Vergleich des durchschnittlichen Jahreszuflusses für die Klimareferenzperiode 1961–1990 und die aktuelle Klimaperiode (1991–2020) sowie der unvollständigen nächsten Klimaperiode 2001–2030 für ausgewählte Talsperren der Betreiber im Harz

Durchschnittlicher Jahreszufluss [Mio. m ³ /a]	Periode 1961–1990	Periode 1991–2020	Differenz	Periode 2001–2023	Differenz
Rappbodesystem ohne Überleitung	44,7	42,4	-5 %	40,3	-10 %
Rappbode-Überleitungssystem	52,4	51,8	-1 %	50,0	-5 %
Summe Rappbodesystem	97,1	94,2	-3 %	90,3	-7 %
Talsperre Neustadt	2,7	2,1	-23 %	1,9	-30 %
Okertalsperre	71,9	67,8	-6 %	65,0	-9 %
Granetalsperre	13,6	13,7	+1 %	12,9	-5 %
Innerstetalsperre	63,1	63,9	+1 %	62,1	-2 %
Summe Nordharzverbundsystem	148,5	145,4	-2 %	140,0	-6 %

Quelle: die Autoren

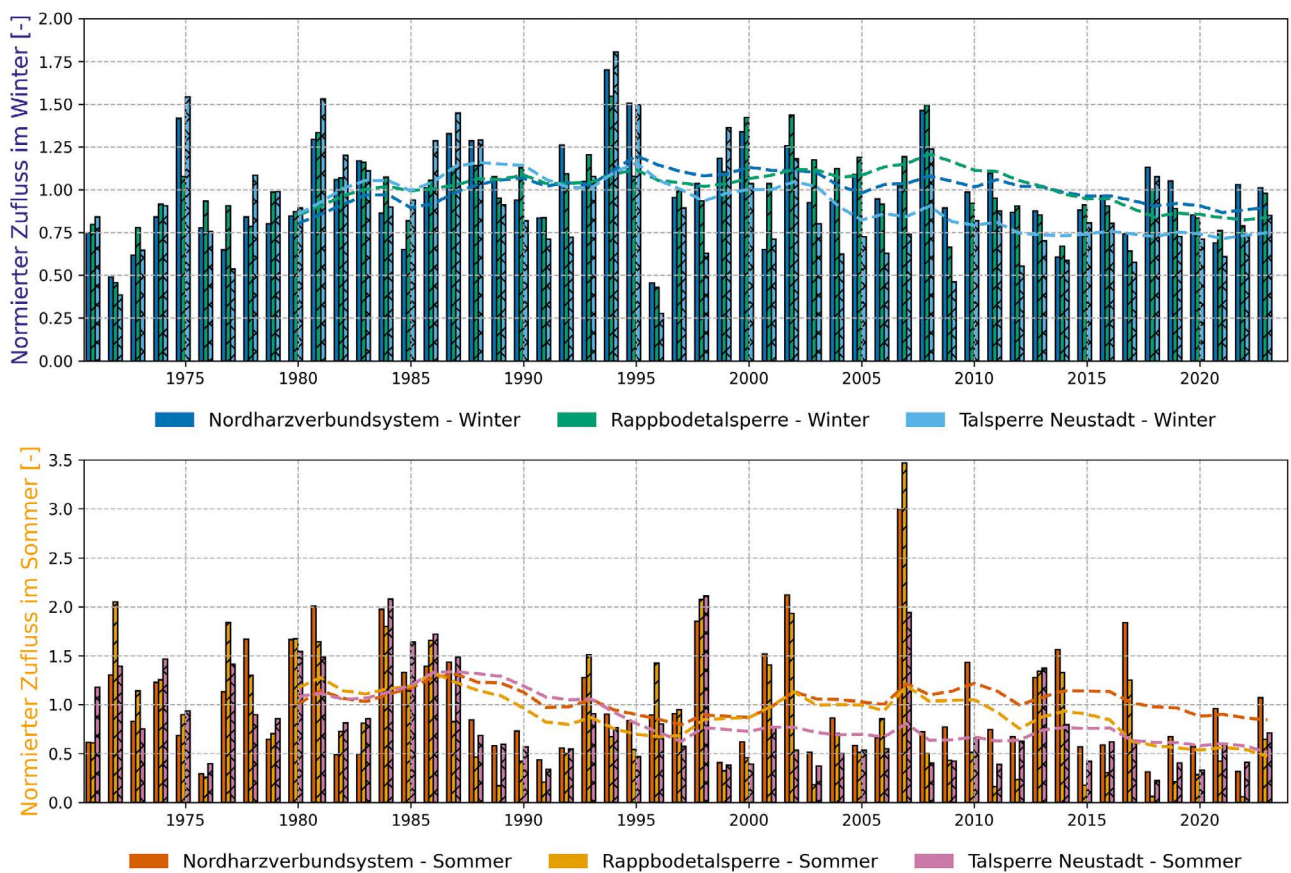


Abb. 3: Saisonale Veränderung im Talsperrenzufluss für Nordharzverbundsystem, Rappbodesystem und Talsperre Neustadt. Die Liniendarstellungen umfassen den 10-jährigen gleitenden Mittelwert.

Einzugsgebiet der Talsperren begründet werden [2, 3]. Bei der Betrachtung der letzten 23 Jahre als unvollständige nächste Normalperiode verstärkt sich diese Entwicklung auch durch den Einfluss der Trockenjahre 2018–2022.

In der **Abbildung 3** sind die jährlichen Zuflussmengen zu den drei Talsperrensystemen getrennt nach Winter- und Sommerhalbjahr dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde eine einfache Normierung durch Teil-

len durch den Mittelwert 1971–2000 durchgeführt. Bei der Betrachtung des gleitenden 10-Jahre-Mittelwertes kann in den letzten 20 Jahren insbesondere für die Talsperre Neustadt eine Abnahme der Winterzuflüsse und ▶

EVERZIT® Filtermaterialien für die Trinkwasseraufbereitung



www.evers.de

vor allem für den Ostharz eine deutliche Abnahme der Sommerzuflüsse festgestellt werden.

Operative Anpassungsmaßnahmen

Die Auswertung hat gezeigt, dass die in Verbindung mit dem Klimawandel vielfach beschriebene Zunahme von hydrometeorologischen Extremereignissen für den Harz als großes überregionales Wassergewinnungsgebiet kein reines Zukunftsszenario ist, sondern sich bereits heute aus den verfügbaren Daten ablesen lässt.

Die dargestellten Veränderungen des Wasserdargebots treffen bei steigenden Temperaturen und längeren Trockenperioden auf einen wachsenden Trinkwasserbedarf und verursachen dadurch eine höhere Auslastung der an die Trinkwassertalsperren angeschlossenen Aufbereitungsanlagen. Für die Bewirtschaftung von Trinkwassertalsperren folgt daraus perspektivisch eine zukünftig stärkere Schwankung des Stauinhaltes. Im Umgang mit dieser neuen Situation haben sich neben der bereits umgesetzten Verbundbewirtschaftung [4] für die Betreiber der Trinkwassertalsperren im Harz u. a. folgende Anpassungsmaßnahmen bewährt:

- regelmäßige Überprüfung des erforderlichen Mindeststauinhaltes ein-

schließlich Wasserqualitätsbetrachtungen

- Anpassung und Flexibilisierung von Betriebsplänen und Stauzielen (Stauraumaufteilung, Festlegung von Stauzielen, Flexibilisierung von Wasserabgaben) auch unter Nutzung von Klimaprojektionen [5]
- Optimierung der Datenerfassung und statistischen Auswertung sowie Verbesserung von Prognosen und stärkere Einbindung von Zuflussvorhersagen
- zeitigerer Beginn des Frühjahrseinstaus in Abhängigkeit der hydrometeorologischen Situation [6]
- operative Simulation des Wasserhaushaltes mit einem Mittelfristbewirtschaftungsmodell [7] und darauf basierende Entscheidung zur zusätzlichen Rohwasserbereitstellung
- bei Trinkwassertalsperren ggf. Ergänzung von weiteren Entnahmemöglichkeiten, um auf stoffliche (Güte) und thermische Veränderungen reagieren zu können (Beispiel Rappbodetalsperre: Planung eines sogenannten „Thermorüssels“)
- Ausstattung mit Messinstrumenten zur gütewirtschaftlichen Steuerung

Die Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren (ATT) hat sich der Thematik ebenso gewidmet und im Jahr 2024 einen Handlungsleitfaden zur Bemessung der Mindeststauinhalte von Trink-

wassertalsperren erstellt. Dieser enthält ebenfalls zahlreiche Empfehlungen für strategisch-langfristige Anpassungsmaßnahmen an einen variableren Wasserhaushalt.

Fazit und Ausblick

Der Klimawandel im Harz ist in vollem Gange – dies belegen neben den hydrometeorologischen Daten der jüngeren Vergangenheit und den Prognosen für die kommenden Jahrzehnte auch die rasante Entwaldung der Fichtenmonokulturen ab dem Jahr 2018 in den Einzugsgebieten der Trinkwassertalsperren. Neben den negativen Folgen, die sich daraus für die Wasserqualität ergeben können, liegt genau hierin aber auch eine einmalige Möglichkeit, die es zu nutzen gilt: Durch eine Wiederbestockung der forstlichen Kalamitätsflächen mit einem naturnahen Laub- und Mischwald können die Wasserbilanz und der Gebietsabfluss langfristig zugunsten der Trinkwassertalsperren deutlich verbessert werden [8]. Neben den aufgeführten bewirtschaftungsseitigen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Harz empfiehlt sich langfristig zur Sicherung und Steigerung der Leistungsfähigkeit der Rohwassergewinnungssysteme ebenso die Exploration zur Erschließung zusätzlicher Wasserdarangebote durch technische bzw. bauliche Maßnahmen [9]. ■



Durch eine Wiederbestockung der forstlichen Kalamitätsflächen mit einem naturnahen Laub- und Mischwald können die Wasserbilanz und der Gebietsabfluss langfristig zugunsten der Trinkwassertalsperren deutlich verbessert werden.



Quelle: ronsnik/stock.adobe.com

Literatur

[1] IPCC. Climate change 2021. The physical science basis. Working Group I contribution to the 6th assessment report. Online unter www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/, aufgerufen am 22. August 2024.

[2] Möller, M.: Klima im Wandel: Beobachtungen im Südharz. Posterbeitrag zum Tag der Hydrologie am 23. und 24. März 2017 in Trier.

[3] Möller, M., Mauden, R.: Abflussveränderungen im Südharz – Quantifizierung, mögliche Ursachen und Konsequenzen für die Bewirtschaftung der Talsperre Neustadt, in: Wasserwirtschaft, Ausgabe 5/2019, S. 114–117.

[4] DWA (Hrsg.): Anpassungsstrategien für Stauanlagen an den Klimawandel, in: DWA-Themen (2014), Nr. T2.

[5] Meon, G., Müller, T., Koch, A., Eggelsmann, F., Unger, L., Lange, A.: Klimatischbedingte Anpassungsstrategien für ein Talsperrenverbundsystem im Harz in Vorsorgender und nachsorgender Hochwasserschutz. Wiesbaden 2018.

[6] Cöster, D.: Trockenheit im Einzugsgebiet der Rappbode-talsperre – Bewirtschaftung zur Sicherung der Rohwasserbereitstellung und der Mindestwasserführung der Bode in den Trockenjahren 2018-2022. Vortrag auf dem Magdeburger Gewässerschutzseminar 2023.

[7] Möller, M., Haberlandt, U., Willmitzer, H., Thiele, W.: Optimizing reservoir management of the intensively used Neustadt water supply dam. Beitrag zur 85. Jahrestagung der Internationalen Kommission für große Talsperren (ICOLD) vom 3. bis 7. Juli 2017 in Prag.

[8] Suttmöller, J., Meesenburg, H.: Einfluss von forstlicher Bestandesentwicklung und Klimawandel auf Wasserhaushaltskomponenten im Einzugsgebiet der Langen Bramke im Harz, in: Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, Ausgabe 3/2018, S. 184–198.

[9] Beck, H.-P., Hingst, J. Z. (Editors): Abschlussbericht: Energie und Wasserspeicher Harz – Kopplung nachhaltiger Systemdienstleistungen zur Energiespeicherung, zum Hochwasserschutz und zur Ressourcensicherung (EWAZ).

Die Autoren

Maren Dietze ist als Leiterin für den Bereich Betrieb, Bewirtschaftung und Standsicherheit beim Talsperrenbetrieb Sachsen-Anhalt in Blankenburg (Harz) verantwortlich.

Patrick Nistahl betreut als Ingenieur bei den Harzwasserwerken in Hildesheim den Fachbereich Oberflächenhydrologie und die Talsperrensteuerung.

Markus Möller ist als Hydrologe im Bereich Stauanlagenmanagement bei der Thüringer Fernwasserversorgung in Erfurt tätig.

Kontakt:

Patrick Nistahl

Harzwasserwerke GmbH

Bördestr. 23

31135 Hildesheim

Tel.: 05121 404-220

E-Mail: patrick.nistahl@harzwasserwerke.de

Internet: www.harzwasserwerke.de

CARELA® Wasserhygiene

Entdecken Sie gemeinsam mit uns die neuesten Erkenntnisse zu Themen, wie der novellierten Trinkwasserverordnung und dem spannenden Bereich des Risikomanagements.

Wir laden Sie herzlich ein, Teil dieser informativen und interaktiven Erfahrung zu werden. Lassen Sie sich von unseren Fachberatern für herausragende Wasserhygiene begeistern.

IHR TRINKWASSER, FRISCH & VON BESTER QUALITÄT

HOCHWIRKSAME SPEZIALPRODUKTE ZUR TRINKWASSERHYGIENE

NOVOPUR



Werterhalt von Oberflächen & Beschichtungen

- pH-neutrales Konzentrat in Pulverform
- völlig säurefrei, nicht korrosionsfördernd
- entspricht den Minimierungsvorschriften in §§ 8-12 der GefStoffV

IDEAL FÜR:

Edelstahl, Kunststoff, Fliesen, Kacheln, Beton, Zementmörtel

puroDes EN



Hochwirksamer Spezialreiner für den Werterhalt von Oberflächen & Beschichtungen

- pH-neutrales Konzentrat in Pulverform
- völlig säurefrei, nicht korrosionsfördernd
- anorganisch um Verkeimung zu verhindern
- entspricht den Minimierungsvorschriften in §§ 8-12 der GefStoffV

IDEAL FÜR:

Alle Oberflächen gleichermassen geeignet, auch für Edelstahl und empfindliche Beschichtungen.

BIO pure



Chlorfreier Spezialreiner

- entfernt eisen- und manganhaltige Anlagerungen, Kalk, Schleimbeläge

IDEAL FÜR:

Edelstahl, Chlorkautschuk, Epoxidharz, PVC, Fliesen, Kacheln, Farbanstriche, Beton, Zementmörtel und mineralische Beschichtungen



CARELA GmbH
Schafmatt 5
D-79618 Rheinfelden

Tel. +49 7623 72240
sales@carela.com
www.carela-group.com



Seit ihrer Fertigstellung im Jahr 1958 versorgt die Steinatalstperre die umliegenden Gemeinden mit Trinkwasser.

Förderprojekt

„Klimawandelgerechte Wasserversorgung am Beispiel von Talsperre und Wasserwerk Steina“

Die sich seit geraumer Zeit verändernden Umgebungseinflüsse, längere Trockenphasen, längere Hitzeperioden, die **Veränderung der Vegetationsstruktur und die bisherige Art und Weise der Forstwirtschaft** im Wassereinzugsgebiet sorgen dafür, dass sich die Rohwasserqualität stetig ändert. Die bestehende Aufbereitungstechnik ist dafür in der Regel nicht ausgelegt – so auch **beim Wasserwerk Steina der Stadtwerke Bad Sachsa GmbH**, wo am Trinkwasserausgang eine mikrobiologische Belastung festgestellt wurde. Seitens des zuständigen Gesundheitsamtes wurde in der Folge **eine Anpassung an den Stand der Technik der Aufbereitung** gefordert. Die Maßnahmen, die um die Talsperre herum in ihrer Gesamtheit stattfinden, erfolgen klimawandelgerecht, sodass das schwer geschädigte Wald-Ökosystem wiederhergestellt wird, um natürliche Schutz- und Filterfunktionen wahrzunehmen.

von: Stefan Joedicke (Stadtwerke Bad Sachsa GmbH)



Quelle: S. Juedicke/Stadtwerke Bad Sachsa GmbH

Die Stadtwerke Bad Sachsa GmbH sind ein örtliches Elektrizitäts- und Trinkwasserversorgungsunternehmen in Niedersachsen und betreiben neben weiteren Gewinnungsanlagen das Wasserwerk im Ortsteil Steina. Dieses trägt mit einem wesentlichen Anteil von bis zu 50 Prozent zu der Gesamtversorgung des Versorgungsgebietes bei. Hier werden jährlich bis zu 250.000 m³ Tal-sperrenwasser zu Trinkwasser aufbereitet. Die Gewinnung erfolgt aus Oberflächenwasser aus dem Steinatal.

Die Ausgangssituation

Unter dem Vorzeichen der Klimakrise steht die vorhandene Wassergewinnungs- und -aufbereitungsinfrastruktur unter erheblichem Anpassungsdruck, um langfristig eine gleichbleibend hohe Wasserqualität gewährleisten zu können. In sich stetig wandelnden Umweltbedingungen ändert sich auch die Rohwassergüte und -zusammensetzung, was die Stadtwerke vor große Herausforderungen stellt. Die be- ▶

Trinkwasserzulassung - Ende in Sicht!
KLINGERSIL® C-4240

KLINGER
Germany

Die Trinkwasserversorgung ohne Kompromisse – Konformitätsbestätigung nach KTW-BWGL bis August 2028

KLINGER GmbH, 65510 Idstein, Tel. +49 6126 40160, mail@klinger.de, www.klinger.de



Quelle: S. Joedicke/Stadtwerke Bad Sachsa GmbH

Abb. 1: Intensive Forstarbeiten im Einzugsgebiet der Talsperre aufgrund von Borkenkäferbefall

stehende Anlagentechnologie der Wasseraufbereitung kann diesen Herausforderungen nicht standhalten.

Einzugsgebiet

Die Steinatalsperre ist eine aus Wasserwerk, Talsperre und Geschiebebecken bestehende Stauanlage im Harz. Sie liegt nahe der Ortschaft Steina im gemeindefreien Gebiet Harz des Landkreises Göttingen. Das Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von 5,4 km² und wird im Wesentlichen vom Kerbtal sowie den umgebenden Mittelgebirgszügen begrenzt. Als Besonderheit ist anzumerken, dass sich das Einzugsgebiet unmittelbar an der Wasserscheide Weser/Elbe befindet. Das Rohwasser ist charakterisiert über einen niedrigen pH-Wert sowie hohe organische und geogene Belastungen. Das Wassereinzugsgebiet ist darüber hinaus durch forstwirtschaftlich genutzte Waldflächen und Naturräume geprägt (Abb. 1). Durch Beprobungen und praktische Erfahrungen ist feststellbar, dass sich das Wasserangebot jahreszeitabhängig zunehmend quantitativ und qualitativ negativ ändert und die Versorgung in der Vergangenheit bereits regelmäßig ausgesetzt werden musste.

Die Talsperre

Verschiedene Trockenphasen in den 1950er-Jahren waren der Auslöser für

die Planung des Staubeckens, mit dessen Bau im Jahr 1953 begonnen wurde. Beim Anstau gab es jedoch Probleme mit der Dammbdichtung, sodass das Bauwerk (nach umfassender Mängelbeseitigung) erst 1957 vollendet werden konnte. Die Länge des für Harzer Verhältnisse recht kleinen Staueses beträgt 150 m, während der Damm eine Länge von 80 m bei einer Höhe von 8 m misst. Die Dammkrone ist 8 m und die Sohle 40 m breit. Insgesamt wurden 29 Hektar Waldwiese überflutet und damit 75.000 m³ Wasser angesammelt. Die Sperre verfügt über ein Überfallgerinne. Die bisherige Wasseraufbereitung erfolgte über eine offene Entsäuerungsfiltration, abschließend wurde mit Chlordioxid desinfiziert. Die Aufbereitungsanlage versorgt zum einen direkt den Ortsteil Steina und zum anderen eine Verbundwasserleitung zu den nachfolgenden Hochbehältern und Versorgungszonen im Versorgungsgebiet. Bis zu 1.000 m³ am Tag wurden an die 4.000 versorgten Einwohner und die örtliche Industrie abgeben. Es existiert eine genehmigte Abgabemenge von bis zu 450.000 m³ pro Jahr. Die Gestaltung des Stauwerkes mit Überfallgerinne hat nach aktuellen Gesichtspunkten auch den Vorteil, dass eine gleichmäßigere Entnahme hinsichtlich der Temperatur am Entnahmeturm stattfinden kann. Bei kurzzeitigen Trübungseinträgen kann der Stauinhalt temporär als Puffer dienen.

Zunehmende Probleme

Die sich seit geraumer Zeit verändernden Umgebungseinflüsse machen auch vor der etwas in die Jahre gekommenen Aufbereitungsanlage in Steina nicht halt. Als ein Meilenstein ist hier die Einführung der Trinkwasserverordnung (TrinkWV) im Jahr 1976 und deren Weiterentwicklung zu nennen: So durfte dann kein Silber mehr zur Desinfektion verwendet werden, was die Umstellung auf Chlorung zur Folge hatte. Bereits in der Vergangenheit stellten sich regelmäßig jahreszeitbedingte Probleme mit Kieselalgen, welche für einen fischig-modrigen Geruch des Wassers verantwortlich sind, ein (Abb. 2). Chlorung verstärkte diesen unangenehmen Geruch noch, was wiederkehrend Kundenbeschwerden nach sich zog. Die geringe Tiefe der Sperre fördert die beschriebenen biologischen Vorgänge zusätzlich. Die zunehmende Verschärfung von Orientierungs- und Grenzwerten in der Weiterentwicklung der TrinkwV geben den Rahmen des Möglichen und Nötigen in der Wasseraufbereitung vor.

Spätestens ab dem Orkan Kyrill im Jahr 2007 und nachfolgenden Windereignissen kamen weitere Probleme auf die Aufbereitungsanlage in Steina zu. Als Folgeerscheinungen sind hier Probleme mit Trübung, Eintrag von Biologie und Grenzwert-Verletzungen

Quelle: S. Joedicke/Stadtwerke Bad Sachsa GmbH



Abb. 2: Färbung des Talsperrenwassers aufgrund eines Grün- und Blaualgen-Befalls

zu nennen (Abb. 3); auch als Folge der Intensivierung der Forstwirtschaft durch steigenden weltweiten Holzbedarf, Borkenkäferbefall von Monokulturen, Not-Holzentnahmen, Trockenstress bei Buchen, Wegebau, intensive Nutzung von Furten und die Auschwämmung von Wegebaumaterial/Waldboden. Forschende konnten bei entsprechenden Untersuchungen in der Bodenlösung aus dem geschädigten Wald abfließenden Wassers höhere NO_3^- - und DOC-Konzentrationen im Vergleich zu gesunden Flächen beobachten. Im Weiteren verschärften Wetterkapriolen (kurzfristige Schneeschmelzen, Starkregenereignisse, Wetterumschwünge), durch Trockenperioden abnehmende Zuflüsse und Ver-

Quelle: Stadtwerke Bad Sachsa GmbH

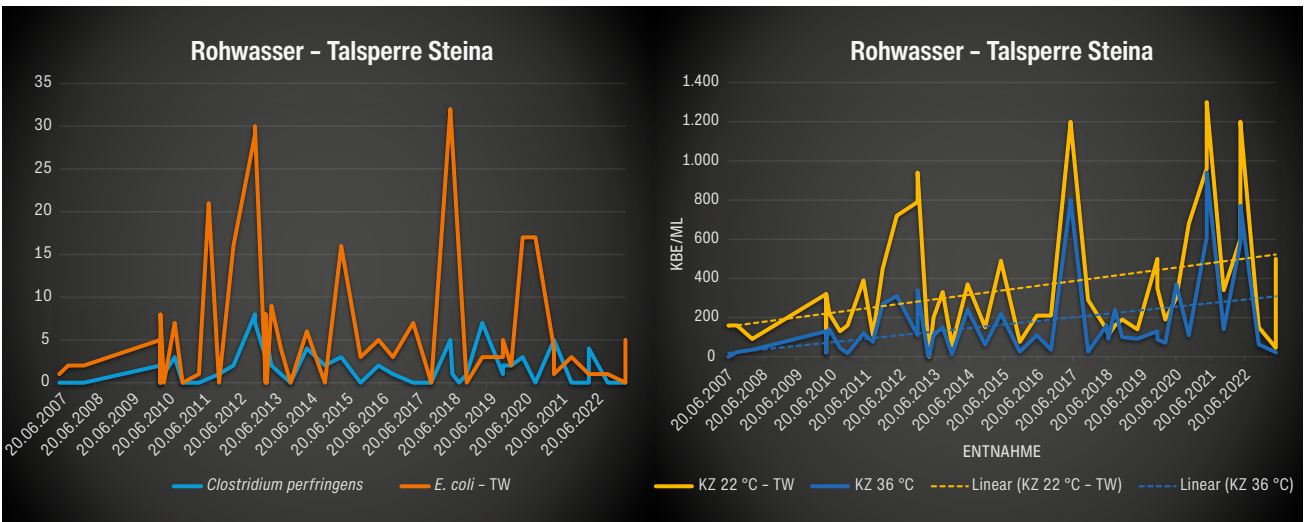


Abb. 3: Deutlich erhöhte biologische Parameter

Sauberes Trinkwasser – Hygiene im Tank

HUBER Luftfilteranlagen:

- ▶ Optimale Hygiene im Trinkwassertank.
- ▶ Reduzieren der Risiken von Kontaminationen durch Staub, Bakterien, Viren und Keime.

HUBER Zugangstüren für Wasserkammern:

- ▶ Aus Edelstahl und doppelwandig für maximale Sicherheit.
- ▶ Universell einsetzbar als Zugang zu Gebäuden, Schalträumen, speziell für Anlagen im Bereich der Entsorgung und Versorgung.



Edelstahlausrüstung jetzt online bestellen unter: shop.huber.de



HUBER SE | Telefon: +49-84 62-201-0 | info@huber.de | www.huber.de

HUBER
 TECHNOLOGY
 WASTE WATER Solutions



Das Wasserwerk und die Talsperre Steina waren den Anforderungen einer immer heterogeneren Zusammensetzung des Trinkwassers nicht mehr gewachsen.

änderungen der Talsperren-Hydrobiologie die Situation zusätzlich.

Folgen der erheblichen negativen Veränderungen im Einzugsgebiet waren u. a. regelmäßige und dann meistens gleich längere Einstellungen der Versorgung (Abb. 4), kurzfristige Umstellungen aufgrund von positiven Wasserprobenbefunden und – aufgrund von Notversorgungen – Zwangsmischungen von Wässern unterschiedlicher Beschaffenheit. Als Ergebnis dieser Entwicklung stand ein zunehmend unsicherer Betrieb des Wasserwerks, das parallel zunehmend in den Fokus des zuständigen Gesundheitsamtes geriet.

ger Niederschlag gibt, gleichzeitig werden diese aber auch nicht durch mehr Regen und Schneefall in den Wintermonaten ausgeglichen. Auch im Westharz ist also mit steigender Trockenheit zu rechnen. Die Zunahme von Extremsituationen wiederum hat negative Auswirkungen auf die Talsperren-Bewirtschaftung, hier steigen die Anforderungen an das Mengenmanagement sowie die Qualitätssicherung künftig klimawandelbedingt weiter an. Das Wasserwerk und die Talsperre Steina sind den Anforderungen – namentlich einer immer heterogeneren Zusammensetzung des Trinkwassers – mittlerweile nicht mehr gewachsen.

Für die Stadtwerke Bad Sachsa GmbH ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, die Wasseraufbereitung an der Talsperre zukunftsgerecht an die neuen Gegebenheiten anzupassen – und das möglichst unter Einsparung von Ressourcen wie Energie und Aufbereitungshilfsstoffen. Gleichzeitig muss die bestehende Stauanlage nach einer entsprechenden Bewertung der neuen Erfordernisse ertüchtigt werden. Übergeordnetes Ziel ist es, eine konstante Rohwasserqualität sicherzustellen, das Einzugsgebiet zu schützen und das Wasser möglichst im Einzugsgebiet zu halten.

Bei dieser Zielsetzung wird ein möglichst ganzheitlicher Ansatz angestrebt. Hierzu wurde bereits eine Wasserbedarfsprognose für die Stadt Bad Sachsa erstellt, dem sich ein Wasserversorgungskonzept anschließen wird. Dies umfasst

- die Prüfung möglicher Aufbereitungstechnologien;
- Planung und Bau einer neuen Trinkwasseraufbereitung an der Talsperre Steina;
- Verbesserung des Schutzes des Einzugsgebietes und Sicherung einer

entsprechenden Rohwasserqualität. Die Stadtwerke sind hierzu erfreulicherweise als Mitglied in die Trinkwasserschutzkooperation Westharz Forst aufgenommen worden. In der aktuellen Förderperiode 2023–2027 konnten in diesem Jahr bereits sieben von 22 Gewässerschutzmaßnahmen umgesetzt werden. Die Umsetzung der Trinkwassereinzugsgebieteverordnung wird weitere Verbesserungen mit sich bringen;

- Feststellung des Status quo der Stauanlage und hieraus die Erstellung eines Masterplans für die notwendigen klimawandelbedingten Anpassungen an den Stand der Technik;
- Weiter zu denken wären dann noch als Zukunftsüberlegung beispielsweise ein Verbund der Talsperre Steina mit dem benachbarten Wiesenbeker Teich oder der Odertalsperre. Eine Stauerhöhung, alternativ ein vor- oder nachgelagertes Staubecken zur Volumenvergrößerung, wäre zu prüfen;
- im Rahmen des Neubaus des Wasserwerkes empfiehlt es sich zu prüfen, den Klarwasserabzug der Aufbereitung wieder der Talsperre zurückzuführen.

Veranlassung Fördermittelprojekt

Die Stadt Bad Sachsa ist als finanzschwache Kommune bei der Umsetzung größerer Projekte an Kooperationen und Fördermöglichkeiten interessiert. Durch die regelmäßig stattfindenden Gespräche auf politischer Ebene ergab sich im Fall der Sanierungsarbeiten an der Talsperre Steina die Möglichkeit einer Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), da erhebliches bundes- und ressortspezifisches Interesse vorliegt. Der Bund wirkt in diesem Fall an der Installation einer klimawandelgerechten Trinkwasseraufbereitung aus dem



Abb. 4: Die wiederholte Einstellung der Wasserversorgung aus der Talsperre wurde auch in den regionalen Medien aufgegriffen.

Zwischenfazit

Die Analyse der vergangenen Wetterdaten lässt den Schluss zu, dass es in den Sommermonaten in Zukunft weni-

Rohwasser der Talsperre Steina mit, um mithilfe moderner und modular aufgebauter Filteranlagen die Wasserversorgung auch zukünftig sicherstellen zu können. Dabei soll mit Bundesmitteln an diesem Beispiel konkret aufgezeigt werden, wie die Trinkwasserversorgung besonders bei kleinen Talsperren und mit ebenso kleinen Einzugsgebieten mithilfe moderner Verfahren klimawandelgerecht und zukunftsfit aufgestellt werden kann. Die Ergebnisse lassen sich dann auf ähnlich gelagerte Projekte übertragen.

Projektziel und Zwecksetzung

Wie bereits angedeutet, zeigen der Klimawandel und seine Folgen in der Umgebung der Talsperre bereits deutliche Auswirkungen auf Wasserangebot, -qualität und -bedarf: Die u. a. klimawandelbedingte Abholzung großer Waldflächen im Einzugs- bzw. Wasserschutzgebiet der Talsperre verursacht eine Änderung der Wasser-

bilanz und vermindert die natürliche Schutz- und Filterfunktion des Waldes und des Waldbodens. Hierdurch kommt es zu einem erhöhten (Schad-) Stoffeintrag in die Talsperre und in deren Zuläufe. Durch die zunehmenden Starkregenereignisse und die fortwährenden forstwirtschaftlichen Arbeiten werden zudem die Erosionsprozesse verstärkt und somit vermehrt Stoffe in die Talsperre eingetragen, die einen Einfluss auf die Hydrobiologie und -chemie des Gewässers haben.

Bei der klimawandelgerechten Trinkwasseraufbereitung am Beispiel der Talsperre Steina soll u. a. auch aufgezeigt werden, wie gezielte Maßnahmen im Einzugsgebiet, eine klimawandelgerechte Ertüchtigung und Bewirtschaftung der Talsperre sowie die daran angepasste Aufbereitung des Rohwassers eine Verbesserung der Situation ermöglicht. Maßgabe für den Bezug der Fördermittel waren und sind eine innovative und übertragbare Aufberei-

tungstechnik, zukünftige Ressourcenschonung und ein entsprechender Erfahrungsaustausch unter den fachlich Interessierten.

Zusammenarbeit mit dem BMUV

Der Start der Zusammenarbeit mit dem BMUV erfolgte mit einem Austausch auf politischer Ebene, dem eine erste Abstimmung zwischen den Verantwortlichen der Stadtwerke und dem Referat W I-1 des Ministeriums im Mai 2021 folgte. Im Anschluss bewarben sich die Stadtwerke Mitte 2021 um entsprechende Fördermittel im Rahmen einer Projektskizze. Für die fachplanerische Unterstützung konnten die Stadtwerke das Ingenieurbüro Rinne und Partner aus Göttingen gewinnen. Die seitens des BMUV positiv bewertete Projektskizze mündete dann im Jahr 2022 in einem entsprechenden Zuwendungsantrag und in einem Ortstermin mit dem Referat W-I-1 an der Talsperre Steina zur finalen Abstim- ▶



555 YEARS DÜKER.
A FUTURE FULL OF VISIONS.

EXCELLENT.
WATER.
SOLUTIONS.

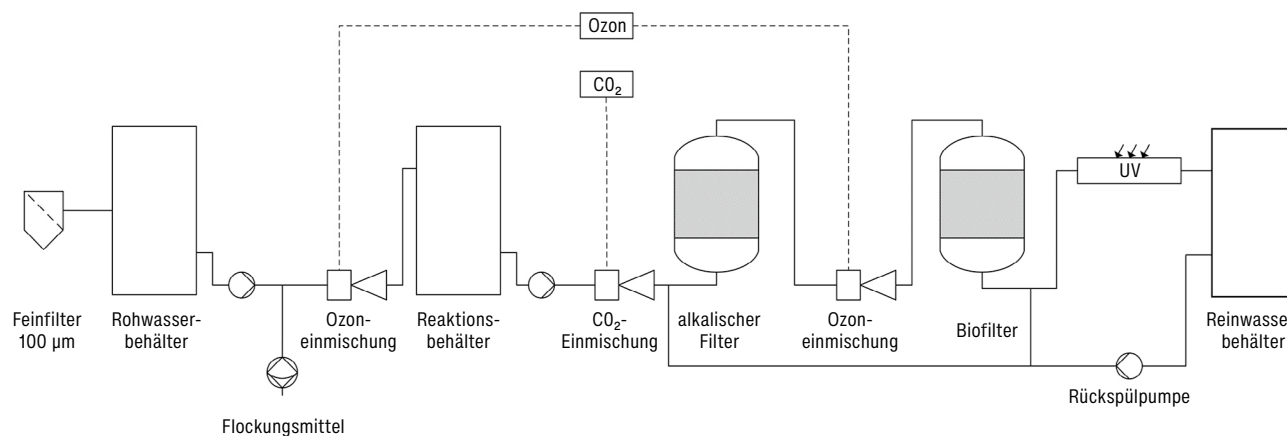


Abb. 5: Blockfließbild der Pilotanlage

mung. Nach fachlicher Prüfung haben die Stadtwerke dann am 19. Dezember 2022 den Zuwendungsbescheid „Klimagerechte Wasserversorgung am Beispiel von Talsperre und Wasserwerk Steina“ erhalten. Nach den entsprechenden Vorplanungen und Ausschreibungen läuft seit Ende 2023 die Projektphase mit dem Mittelabruf. Ein wichtiges Merkmal der Förderung ist, dass es sich hierbei um eine Fehlbetrags-Finanzierung handelt, also die Aufstockung der Finanzierung mit Eigenmitteln unabhängig ist.

Aktivitäten im Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet der Talsperre ist aus Sicht des Wassermanagements in einem schlechten Zustand und es kann von einer schweren Störung des Wald-Ökosystems gesprochen werden. Der unzureichende Schutz des Gewässers und der Trinkwasserressource im Einzugsgebiet, die aufwendige und investitionsintensive Verfahren für die Aufbereitung von belastetem Rohwasser zu Trinkwasser nach sich ziehen, ist nicht nachhaltig und widerspricht dem Multi-Barrieren-Prinzip. In diesem Sinn sind neben der Ertüchtigung der Wasseraufbereitung auch zwingend Vorhaben im Einzugsgebiet der Talsperre erforderlich. Diese Maßnahmen betreffen z. B. die Wiederaufforstung mit standortheimischen (klimaresistenten) Bäumen, erosions- und trübungsmindernde Maßnahmen (wie z. B. Befestigungen von Furten oder Nutzung mobiler Querungshilfen) sowie Uferschutz-

maßnahmen – insgesamt also eine gewässerschützende Waldbewirtschaftung (vgl. hierzu auch das DWA-Merkblatt 906). Die Mitgliedschaft in der Trinkwasserschutzkooperation Westharz – Forstwirtschaft ist hierzu ein äußerst wichtiger und nachahmenswerter Baustein. Gleichzeitig engagieren sich die Stadtwerke aber auch bei örtlichen Pflanzaktionen von Naturschutzvereinen. So wurde im vergangenen Jahr gemeinsam von Mitarbeitenden der Stadtwerke und dem Verein zur Erhaltung von Natur und Kultur, Südharz e. V. am Gewässerlauf der Steina eine Pflanzaktion durchgeführt. Hierbei wurden insgesamt 2.000 Roterlen, Stieleichen und Sträucher in der Nähe des Steinabaches gesetzt, um die durch das Baumsterben der letzten Jahre freigelegten ufernahen Bereiche zu stabilisieren, die Artenvielfalt zu erhöhen und einen Beitrag zur Verbesserung des Trinkwassers zu leisten. Zwei weitere Vorhaben in Zusammenarbeit mit den Niedersächsischen Landesforsten, namentlich dem Forstamt Bad Lauterberg, sind die finanzielle Unterstützung der Anlegung einer klimawandelgerechten Aufforstung einer großen Brachfläche im Steinatal und die Wiedervernässung eines Feuchtgebietes am Oberlauf der Steina.

Pilot-Wasserwerk für Steina

Bereits seit Mai 2022 wird eine Pilotierung mit der möglichen Aufbereitungslösung für die Wasseraufbereitung der Talsperre Steina durchge-

führt (Abb. 5). Sie soll eine adaptierte Aufbereitungstechnik erproben, um hierbei wesentliche Daten für die Dimensionierung einer neuen Anlagen- und Verfahrenstechnik zu gewinnen. Ein positiver Nebeneffekt dieser Maßnahme ist, dass das aufbereitete Trinkwasser aktuell die Versorgung des Ortes Steina aus der Talsperre gewährleisten kann. Die Aufbereitungsleistung beträgt etwa 100 Kubikmeter am Tag. Bisher waren sehr gute Erfahrungen der Aufbereitung im Jahresgang der Rohwasserqualität festzustellen und es konnten rund 73.000 Kubikmeter bestes Trinkwasser produziert werden. Der Betrieb ist bis zum 1. Quartal 2025 bzw. bis zum Ende der Einfahrphase des neuen Wasserwerks geplant.

Projektübersicht

Mit Eingang des Zuwendungsbescheides Ende 2022 wurden in einem öffentlichen Teilnahmewettbewerb die Architekten- und Ingenieurleistungen ausgeschrieben. Die Vergabe dieser Leistungen erfolgte im Mai 2023. Nach entsprechender Planungsreife wurden VOB-Ausschreibungen zur Ausführung der Bauleistungen durchgeführt und die ersten Vergaben erfolgten Ende 2023. Die Projektsumme beträgt 3,216 Mio. Euro. Seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz wurde eine Fördersumme von 2 Mio. Euro für eine „Klimawandelgerechte Wasserversorgung am Beispiel von Talsperre und Wasserwerk Steina“ bereitgestellt. Der

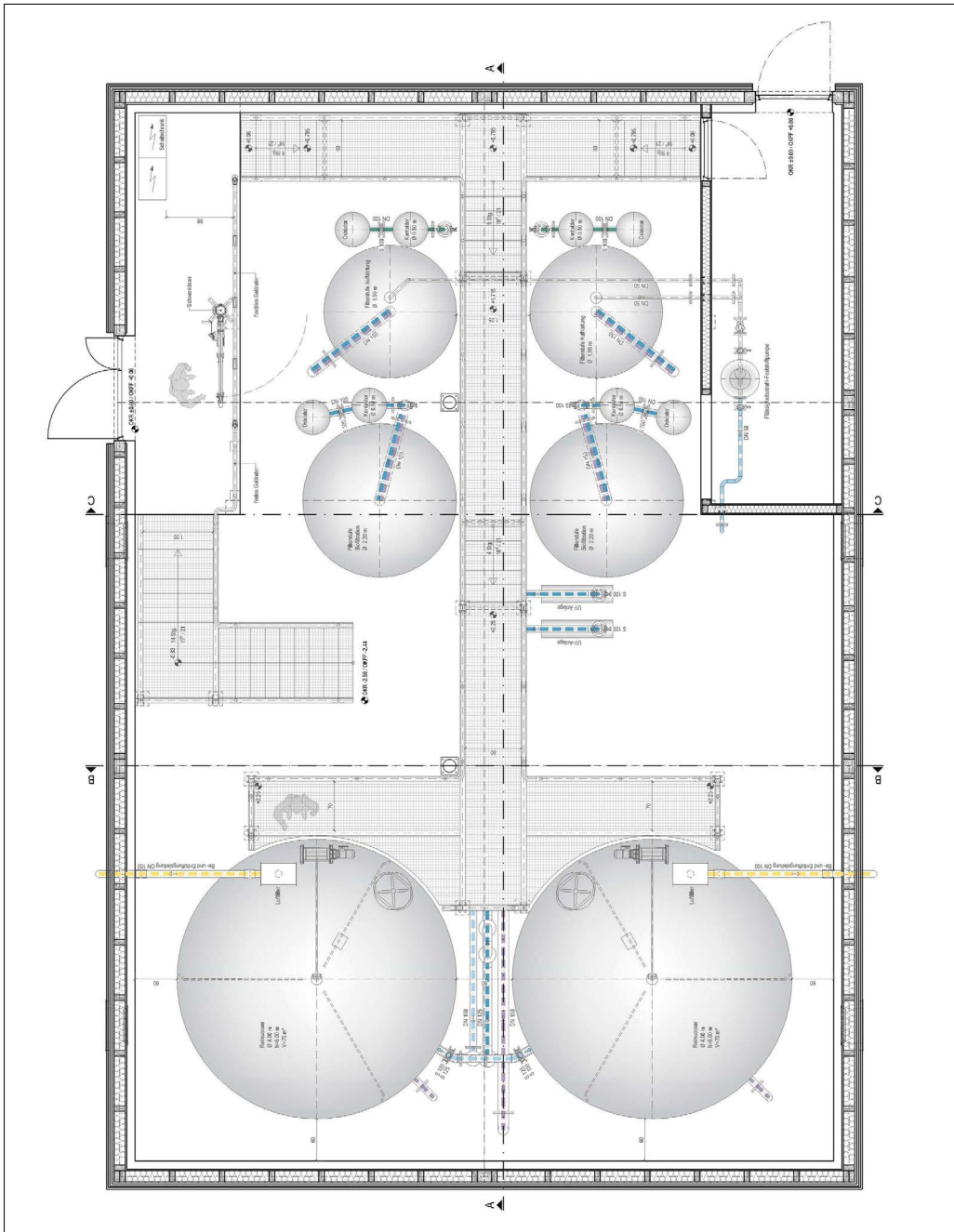


Abb. 6: Schematische Draufsicht auf das neue Wasserwerk

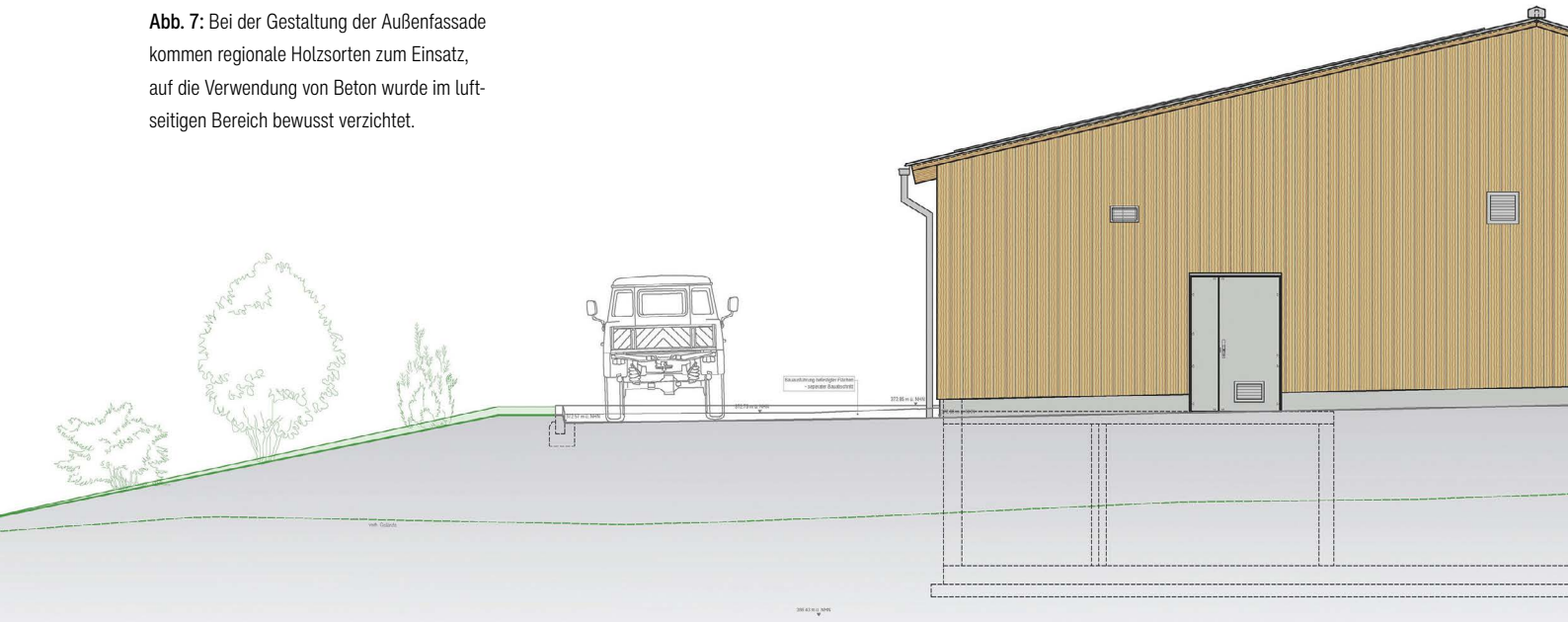
Bau soll bis Ende dieses Jahres abgeschlossen sein, die Aufnahme der Versorgung ist für das 1. Quartal 2025 angedacht.

Geplante Aufbereitung

Das Rohwasser wird gespeist aus einem Dargebot, bestehend aus einem Bachzulauf vom „Steinaer Bach“ in die Talsperre und indirekt über diffuse Zuläufe aus zwölf Nebentälern, aus befestigten und unbefestigten Randbereichen der Talsperre. Das hier zum Einsatz vorgesehene zweistufige Ozon-Biofiltrations-Verfahren ist ein naturnaher Weg zur Aufbereitung von geogen oder anthropogen belastetem Rohwasser zu Trinkwasser. Dabei entspricht die Auf-

bereitung dem neuesten Wissensstand von im Einsatz befindlicher und erfolgreich erprobter Wasser-Aufbereitungstechnologie (Abb. 6). Die Behandlung mit Ozon desinfiziert das Wasser und oxidiert sowohl sauerstoffzehrende Wasserinhaltsstoffe als auch langkettige Huminstoffkomplexe. Durch das Aufspalten der farbgebenden Huminstoffkomplexe wird das Wasser entfärbt, zudem bildet dieser Vorgang biologisch verfügbare bzw. abbaubare Kohlenstoffverbindungen (BDOC). In der nachfolgenden Filterstufe bildet sich aufgrund dieses Nährstoffangebotes eine biologisch aktive Zone im Filterbett aus. Dies führt zur Reduktion des DOC und resultiert in der Folge in einem nährstoffarmen, entfärbten und stabilen Reinwasser. ▶

Abb. 7: Bei der Gestaltung der Außenfassade kommen regionale Holzsorten zum Einsatz, auf die Verwendung von Beton wurde im luftseitigen Bereich bewusst verzichtet.



”

Am Beispiel der Talsperre Steina wird deutlich, dass der „ganzheitliche Ansatz“ funktionieren kann, wenn alle Interessenten im Einzugsgebiet an einem Strang ziehen.

Die Rohwasserentnahme erfolgt über einen Einlaufseiherr am Entnahmesturm. Das Rohwasser wird über eine Rohrleitung in das 200 m entfernte neue Wasserwerk geleitet. Dort trifft es auf einen Partikelfilter (> 100 µm) zur Grobstoffabscheidung. In weiterer Stufe erfolgt eine Vorozonung sowie eine Flockungsmitteldosierung, hierzu steht ein Reaktionsbehälter zur Verfügung. Das zur Entfärbung und Desinfektion benötigte Ozon wird vor Ort mit modernsten luftgekühlten Plasmaozonerzeugern lastabhängig produziert. Der dafür benötigte Sauerstoff wird mittels PSA-Anlagen (Pressure Swing-Adsorption), in denen der Sauerstoff aus der Luft mit Molekularsieben aufkonzentriert wird, ebenfalls im Wasserwerk vollautomatisch hergestellt. Nach einer CO₂-Dosierung für eine optimierte Aufhärtung trifft das Wasser auf einen alkalischen Filter, welcher im Aufstromprinzip betrieben wird. Nach einer erneuten Ozonung und kurzer Verweilzeit in einem weiteren Reaktionsbehälter gelangt das so voraufbereitete Filtrat in einen Mehrschichtfilter. Durch die Ozonung

wird ein Teil des gelösten Kohlenstoffes zu biologisch abbaubaren Verbindungen transformiert. Im ozonfreien Milieu der vorgenannten Filterstufe erfolgt der biologische Abbau. Obligatorisch wird die Aufbereitung mit einer UV-Desinfektion abgeschlossen.

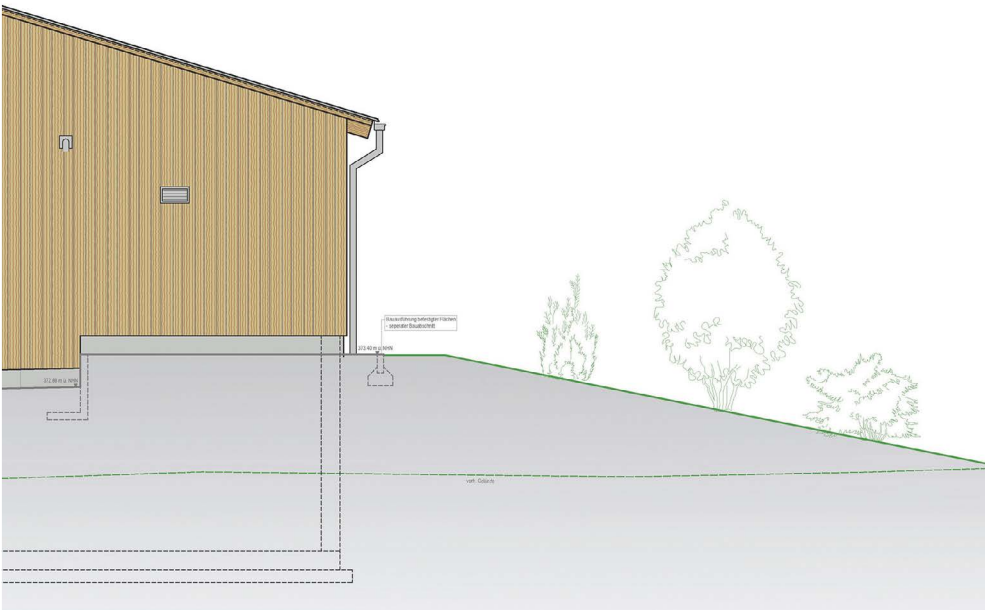
Der eingeschlagene Weg über die zweistufige Ozon-Biofiltration bietet dem Wasserversorger ein flexibles Verfahren für schwankende Rohwasserqualitäten. Gleich mehrere Betriebsparameter können für die optimale Einstellung in Abhängigkeit der Rohwasserqualität im Betrieb modifiziert werden. Ein Online-Monitoring prozessrelevanter Qualitätsparameter wie pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit und Trübung in Rohwasser und im Filtrat jeder Aufbereitungslinie bietet zahlreiche Möglichkeiten, auf zukünftig schwankende Wasserqualitäten im Betrieb zu reagieren. Betriebsparameter wie die Ozondosierung in Stufe 1 und 2 können so einzeln justiert werden. Darüber hinaus sind eine effiziente Flockungsmitteldosierung in Abhängigkeit der Trübung, eine CO₂-Dosierung

in Abhängigkeit der erforderlichen Aufhärtung bzw. des pH-Wertes sowie Anpassungen der Filterlaufzeiten und Rückspülzyklen je Filterstufe flexibel möglich.

Ausblick

Zum Jahreswechsel planen die Stadtwerke Bad Sachsa, die Trinkwasserversorgung als wichtiges Standbein des Gesamtversorgungskonzeptes aus dem Steinatal wieder aufzunehmen. In zwei Aufbereitungslinien mit einem regelmäßigen Stundendurchsatz von bis zu vierzig Kubikmetern pro Stunde und einer Jahreszielmenge von 250.000 Kubikmetern soll die Wasserversorgung langfristig gesichert werden. Neben der ressourcenschonenden Ozonherstellung vor Ort aus der Umgebungsluft sorgen ein Raumluftkonzept mit Nutzung von Abwärme und eine Fotovoltaik-Anlage mit 16 kW_p Leistung für eine zusätzliche Effizienzsteigerung. Für eine bessere Unterhaltung werden die beiden Edelstahl-Trinkwasservorlagebehälter mit einer automatischen Reinigungsanlage

On-line Trübungsmessung



Quelle: IB Rinne GmbH

ge versehen. Die Einhausung des Wasserwerks erfolgt über nachwachsende Rohstoffe als Rahmenholzkonstruktion mit Lärchen-Boden-Deckelschalung in Anlehnung an eine im Harz historisch verbreitete Bauform. Das Wasserwerkgebäude fügt sich so in das Waldlandschaftsbild ein, auf Beton wird im luftberührten Bereich verzichtet (Abb. 7). Die Wand- und Dachdämmung über Mineralfaserprodukte und der Verzicht auf Holzschutzmittel runden das umweltgerechte Bild der technischen Wasserwerksanlage ab.

Das Gebäude ist so positioniert, dass der gegebene Vordruck aus der Talsperre energiesparend in das Aufbereitungssystem integriert wird. Gebäude und Speicheranlagen (Filter und Tank aus Edelstahl) sind konzipiert für einen Einsatz von mehr als 70 Jahren. Über den hohen Automatisierungsgrad wird der Personalaufwand von mehrmals tägliche auf wöchentliche Kontrollen reduziert, was auch den Unterhaltungsaufwand und die entsprechenden Kosten deutlich reduziert. War die Trinkwasseraufbereitung aus Oberflächengewässern zuletzt vermeintlich ins Hintertreffen geraten, so bergen örtliche Brunnenbohrungen im harztypischen Gestein im Hinblick auf Radionukleide und Arsen Probleme, deren Anforderungen an Aufbereitung und Entsorgung von Filtrationsrückständen folglich schwer abzuschätzen sind.

Am Beispiel der Talsperre Steina wird deutlich, dass der „ganzheitliche Ansatz“ funktionieren kann, wenn alle Interessenten im Einzugsgebiet an einem Strang ziehen. Die Zusammenarbeit mit dem BMUV und innerhalb der Trinkwasserschutzkooperation mit den Niedersächsischen Landesforsten, dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und den Harzwasserwerken ist in diesem Zusammenhang sehr konstruktiv und gewinnbringend verlaufen, sodass die Verantwortlichen in Bad Sachsa hier ein sehr positives Fazit ziehen können. ■

Der Autor

Stefan Joedicke betreut als technischer Leiter die Strom- und Trinkwasserversorgung bei der Stadtwerke Bad Sachsa GmbH und engagiert sich darüber hinaus als Beisitzer im Vorstand der DVGW-Bezirksgruppe Göttingen.

Kontakt:
Stefan Joedicke
Stadtwerke Bad Sachsa GmbH
Feldstr. 10
37441 Bad Sachsa
Tel.: 05523 9450-20
E-Mail: sjoedicke@stwbadsachsa.de
Internet: www.steinaltalsperre.com,
www.stwbadsachsa.de



QUALITY made in
GERMANY

PTV 1000/2000

Der neue Standard für die
Prozess-Trübungsmessung

- Geringer Wartungsaufwand
- Innovatives Design
- Intelligente Bedienung
- Unübertroffene Leistung bei niedrigen Trübungswerten
- Intuitive Benutzeroberfläche
- Touchscreen Display

für weitere
Infos bitte
hier scannen



Lovibond® Water Testing

Neue Talsperren in Niedersachsen?

Im abgeschlossenen **EFRE-Verbundforschungsprojekt „Energie- und Wasserspeicher Harz“** wurden fünf vielversprechende Vorhaben identifiziert, wie durch gekoppelte Energie- und Wasserspeicher regenerativ erzeugte Energie gespeichert und **gleichzeitig die wasserwirtschaftlichen Systemdienstleistungen** Hochwasserschutz, Trinkwassergewinnung und Niedrigwasseraufhöhung langfristig unter Berücksichtigung des Klimawandels sichergestellt werden können. Als **Folgeprojekte sind verschiedene Machbarkeitsstudien** geplant, in denen auch die technische Realisierbarkeit von neuen Talsperren im niedersächsischen Teil des Harzes untersucht wird. Der vorliegende Fachbeitrag geht vor diesem Hintergrund auf die Ergebnisse der Untersuchungen ein und skizziert die angedachten Maßnahmen.

von: Dr.-Ing. Andreas Lange (Harzwasserwerke GmbH)



Die Harzwasserwerke GmbH mit Sitz in Hildesheim gehört zu den zehn größten Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland. Mit einer Trinkwasserabgabemenge von etwa 100 Mio. m³ pro Jahr ist das Unternehmen der größte Wasserversorger in Niedersachsen. Etwa 70 Städte, Gemeinden, andere Wasserversorger und Industriebetriebe werden von der Harzwasserwerke GmbH als Vorlieferant mit Trinkwasser beliefert. Die Wasserverteilung erfolgt über ein insgesamt 520 km langes Verbundleitungsnetz aus Wassertransportleitungen mit Nennweiten zwischen 400 und 1.000 mm, welches im geografi-

schen Dreieck zwischen Göttingen, Wolfsburg und Bremen verortet ist (Abb. 1).

Rund 70 Mio. m³ pro Jahr stammen aus den Quellen und Flüssen des westlichen Teils des Harzes, wo das Wasser in Talsperren gesammelt und zu Trinkwasser aufbereitet wird. Von sechs großen Stauanlagen, die zusammen ein Speichervolumen von 182 Mio. m³ aufweisen, dienen fünf der Trinkwassergewinnung. Während die Söse-, Ecker- und Granetalsperre reine Trinkwassertalsperren sind, haben insbesondere die beiden Beileitungstalsperren an Oker und Innerste eine wichtige

Funktion zur Aufhöhung des Niedrigwasserabflusses im Unterlauf. Darüber hinaus dienen alle Talsperren dem Hochwasserschutz und leisten mit Wasserkraftanlagen einen Beitrag zur regenerativen Energieerzeugung.

Hydrologische Extreme verstärken sich

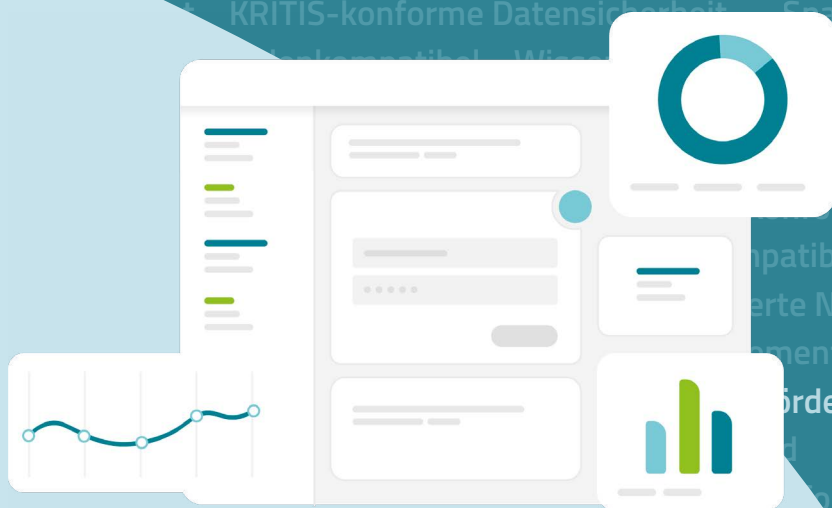
Bereits seit den 1930er-Jahren betreibt die Harzwasserwerke GmbH (damals: Harzwasserwerke der Provinz Hannover) ein umfangreiches hydrologisches Messsystem, um Veränderungen des Wasserhaushalts in den Einzugsgebieten der Westharztalsperren feststel- ▶



Intuitiv, effizient, regelwerkskonform:

Setzen Sie die neuen Vorgaben von **TrinkwEGV** und **TrinkwV** ganz einfach um und profitieren Sie dabei direkt von den praxiserprobten Methoden des TZW.

Für ein durchgängiges **Risikomanagement** aus einem Guss – vom Einzugsgebiet bis zur Abgabe an den Verbraucher.



Ihre Softwarelösung für intelligentes Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung

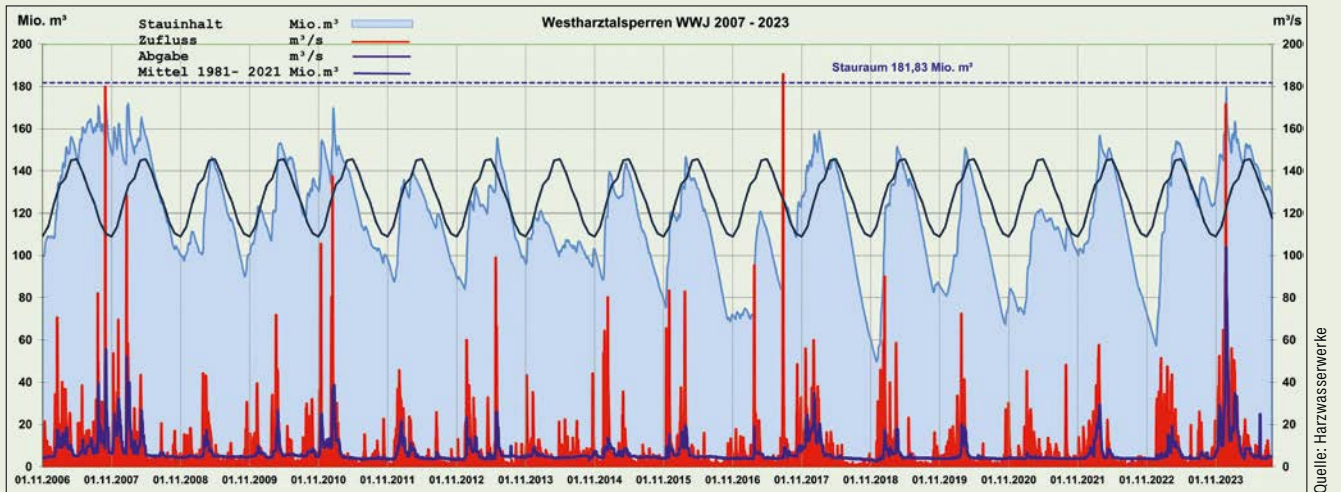


Abb. 2: Speicherinhaltsganglinie für den Zeitraum zwischen den Jahren 2007 und 2024

len zu können. Das Messsystem stützt sich heute auf insgesamt 62 Niederschlagsmessstationen (Schreiber, Messer, Monatssammler) und rund 50 Pegel- und Stauhöhenmessanlagen mit automatisierter Datenübertragung.

Die langjährige gute Datengrundlage macht es möglich, die beobachteten Extreme der letzten Jahre hydrologisch einzuordnen [1, 2]. Am Beispiel der Speicherinhaltsganglinie der sechs großen Talsperren (Abb. 2) wird auf einige besondere Extreme im Zeitraum zwischen 2007 und 2024 näher eingegangen:

- 2007: Historisch nassestes Einzeljahr; zahlreiche meteorologische Stationen mit mehr als 2.000 mm Jahresniederschlag; sehr großes Hochwasser im September
- 2017: Extremhochwasser Ende Juli; zahlreiche Stationen mit mehr als 300 mm in 48 Stunden; 1.000-jährliche Hochwasserscheitel an Gose, Innerste und Grane
- 2018: Historisch trockenstes Einzeljahr (Abb. 3); nur 27 Prozent Speicherinhalt am 2. Dezember
- 2022: Fortsetzung der Trockenheit; nur 32 Prozent Speicherinhalt am 21. Dezember

- 2023: „Weihnachtshochwasser“; historisch höchster 7-Tages-Niederschlag; bislang füllenstärkstes Ereignis ohne Einfluss von Schneeschmelze; Hochwasserentlastungsbetrieb an zwei Stauanlagen (Abb. 4)

Die voran beschriebenen hydrologischen Extreme machen deutlich, dass die Talsperren im Westharz mit ihren vorhandenen Speicherkapazitäten an ihre Grenzen stoßen, um auch zukünftig für einen ausreichenden Ausgleich zwischen Wasserüberschuss- und -mangelzeiten sorgen zu können. Aus diesem Grund hat sich die Harzwas-



Abb. 3: Trockenheit im Jahr 2018: Stauwurzel der Innerstetalsperre

Quelle: Harzwasserwerke

Quelle: Harzwasserwerke



Abb. 4: „Weihnachtshochwasser“:
Hochwasserentlastungsbetrieb an der
Okertalsperre am 26. Dezember 2023

serwerke GmbH an einem Forschungsprojekt beteiligt, das sich wissenschaftlich mit der Erweiterung und dem Neubau von Speichern in der Region beschäftigt hat.

Energie- und Wasserspeicher Harz

Im Rahmen des EFRE-Verbundforschungsvorhabens „Energie- und Wasserspeicher Harz“ [3] wurden von 2019 bis 2022 verschiedene Maßnahmen untersucht, wie durch die Erweiterung und den Neubau von ober- und unterirdischen Speichern im Harz

- die Ziele der Energiewende durch Speicherung und Ausbau regenerativ erzeugter Energie wesentlich unterstützt sowie
- wichtige wasserwirtschaftliche Systemdienstleistungen (wie Hochwasserschutz, Trinkwassergewinnung und Niedrigwasseraufhöhung) großräumig sichergestellt werden können.

Die Forschungspartner der TU Clausthal, der TU Braunschweig und der Ostfalia Hochschule ermittelten dabei fünf vielversprechende Standortvarianten, welche gute Voraussetzungen für die Erreichung der genannten Projektziele liefern. Bei einer Umsetzung aller fünf Maßnahmen würde durch den Neubau und die Erweiterung von Speichern ein Volumen von insgesamt rund 90 Mio. m³ zusätzlich geschaffen werden. Damit würde das bestehende Speichervolumen der sechs großen Talsperren im Westharz um beachtliche 50 Prozent erweitert werden. An vier Standorten ließen sich Pumpspeicherkraftanlagen realisieren, die in Summe ein Speicherpotenzial von rund 1.000 Megawatt (MW) liefern.

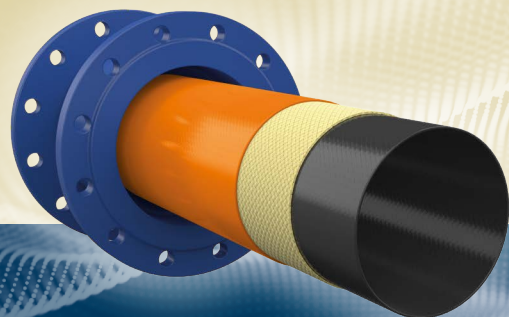
Für die Trinkwassergewinnung könnten bis zu 35 Mio. m³ pro Jahr zusätzlich bereitgestellt werden, wobei diese Mengen ganz wesentlich aus der wasserwirtschaftlichen Anbindung (Überleitung) eines bislang noch nicht genutzten Einzugsgebietes im Harz resultieren.

Wasserwirtschaftliche Planungen

Anknüpfend an die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Energie- und Wasserspeicher Harz“ wird mit zwei wasserbaulichen Machbarkeitsstudien begonnen, die fachlich weitestgehend unabhängig von den erarbeiteten Pumpspeicherideen im Harz sind. Im Fall 1 handelt es um die Erweiterung des Stauraums einer bestehenden Trinkwassertalsperre. ►

PRIMUS LINE® FLEXIBLE REHAB PIPE

Meistert unterirdische Herausforderungen.



PRIMUS LINE

SAFE. RELIABLE. SUSTAINABLE.

www.primusline.com

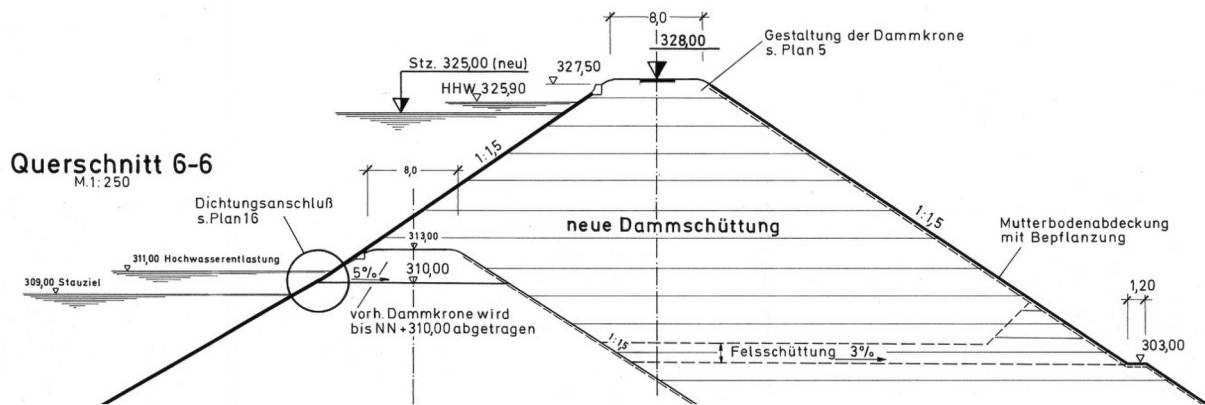


Abb. 5: Erhöhung der Granetalsperre mit luftseitiger Dammschüttung

Quelle: Harzwasserwerke

Im Fall 2 geht es um den Neubau einer Talsperre, die das vorhandene Speichervolumen einer flussabwärts gelegenen Talsperre nennenswert ergänzt.

insbesondere auch Alternativen mit Erhöhungen des Stauziels im einstelligen Bereich untersucht. Dafür sind

die Baukosten abzuschätzen und die Auswirkungen auf die Umwelt qualitativ darzustellen.

Erhöhung der Granetalsperre

Die im Jahr 1969 fertiggestellte Granetalsperre ist mit einem Speichervolumen von 46,4 Mio. m³ die zentrale Trinkwassergewinnungsanlage der Harzwasserwerke GmbH. Weil das eigene Einzugsgebiet der Granetalsperre mit 22 km² verhältnismäßig klein ist, ist sie angewiesen auf die Überleitungen aus der Oker- und der Innerstetalsperre sowie aus den Fließgewässern von Gose, Wintertalbach und Radau. Insgesamt werden am Wasserwerk Grane pro Jahr bis zu 50 Mio. m³ Talsperrenwasser aufbereitet und als Trinkwasser in das Trinkwasserverbundsystem der Harzwasserwerke GmbH eingespeist.

Das Absperrbauwerk der Granetalsperre ist ein insgesamt 600 m langer Steinschüttdamm mit außenliegender Asphaltbetondichtung. Die Dammkrone befindet sich im Maximum 67 m über der Gründungssohle. Im Forschungsprojekt Energie- und Wasserspeicher Harz [3] wurde eine Erhöhung des Granedamms um 15 m betrachtet. Damit würde sich das Speichervolumen der Talsperre um beachtliche 40 Mio. m³ vergrößern.

In einer Machbarkeitsstudie wird nun die technische Realisierbarkeit für die Erhöhung des Absperrbauwerks näher untersucht (Abb. 5). Dabei werden

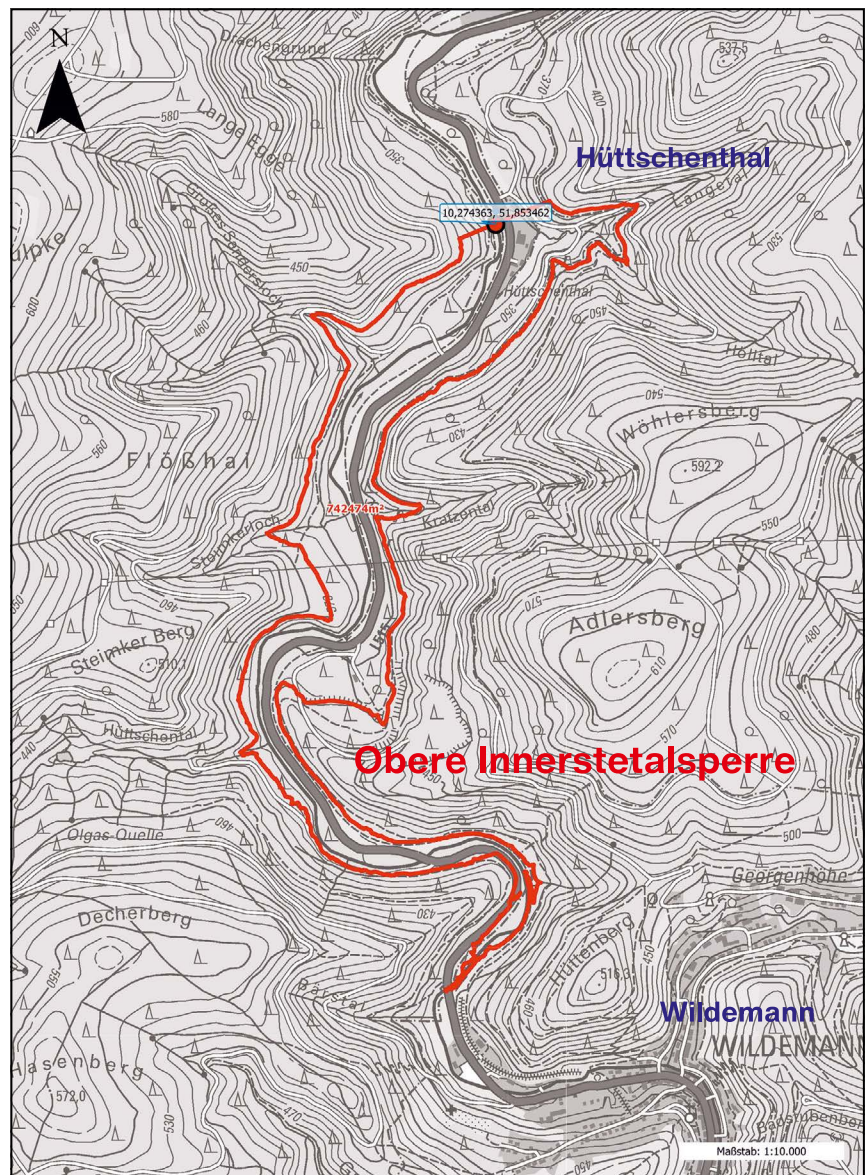


Abb. 6: Vorgesehene Lage der Oberen Innerstetalsperre

Quelle: Harzwasserwerke

Obere Innerstetalsperre mit Überleitungsstollen

Das Einzugsgebiet der 1966 fertiggestellten Innerstetalsperre ist 98 km² groß. Die Talsperre selbst ist mit einem Speichervolumen von 19,26 Mio. m³ im Verhältnis zum Jahreszufluss von 62 Mio. m³ relativ klein dimensioniert. Daher wird in einer zweiten Machbarkeitsstudie der Neubau einer „Oberen Innerstetalsperre“ zwischen den Ortschaften Lautenthal und Wildemann (Abb. 6) untersucht. Im Forschungsprojekt Energie- und Wasserspeicher Harz [3] wurde die Obere Innerstetalsperre mit 14 Mio. m³ Speichervolumen bereits vor-dimensioniert. Für die Hochwasserableitung und Trinkwassergewinnung ist ein leistungsfähiger, 7 km langer Überleitungsstollen vorgesehen, der im Freigefälle Wasser zur Granetalsperre transportiert. Dadurch verbessert sich der Hochwasserschutz sowohl im Innerstetal als auch für die Unterlieger der Innerstetalsperre erheblich.

Als Alternativen zum Neubau der Oberen Innerstetalsperre werden in der Machbarkeitsstudie auch die beiden Varianten „Hochwasserrückhaltebecken“ und „Ableitungswehr“ betrachtet, die an erster Stelle dem Hochwasserschutz dienen. Aus Wasserqualitätsaspekten machen beide Varianten im Auslauf des Überleitungsstollens den Bau einer neuen Vorsperre für die Granetalsperre erforderlich.

Für alle Varianten sind die Baukosten abzuschätzen und der Eingriff in den Landschaftshaushalt darzustellen. Im Einzelnen stellt sich das Leistungsprogramm am Standort wie folgt dar:

- geotechnische und bautechnische Bewertung
- Konzept für eine Talsperre mit Abdichtungssystem und Entnahmeeinrichtungen
- Konzept für einen Überleitungsstollen zur Granetalsperre im Freispiegel
- Alternative I: grünes Hochwasserrückhaltebecken (anstatt Talsperre)
- Alternative II: Ableitungswehr (anstatt Talsperre)

- Grobkonzept für eine Vorsperre der Granetalsperre als zusätzliche Trinkwasserschutzmaßnahme im Sinne des Multibarrierensystems
- hydraulische Berechnungen
- Darstellung der Auswirkungen auf die vorhandene Infrastruktur, z. B. erforderliche Umlegungen von Rad- und Wanderwegen
- qualitative Darstellung der Auswirkungen auf die Umwelt

Fazit

Die Talsperren im Westharz – als Multifunktionsspeicher, welche dem Hochwasserschutz, der Trinkwassergewinnung, der Energieerzeugung und der Niedrigwasseraufhöhung dienen – werden in Zukunft noch weitaus stärker als bisher für einen Ausgleich zwischen sehr nassen und sehr trockenen Perioden sorgen müssen. Daher ist es richtig, sich jetzt über den Neubau von Talsperren, den Bau von Pumpspeichern und den Ausbau vorhandener Speicherkapazitäten Gedanken zu machen. ■

Literatur

- [1] Lange, A., Eggelsmann, F.: Der Wasserhaushalt des Westharzes. Hydrologische Untersuchungen 1941–2010, Hildesheim 2011.
- [2] Lange, A., Eggelsmann, F.: Wasserwirtschaft im Westharz. Hydrologische Untersuchungen mit Blick auf ein sich veränderndes Klima, Hildesheim 2019.
- [3] Beck, H.-P., Zum Hingst, J.: Energie- und Wasserspeicher Harz. Kopplung nachhaltiger Systemdienstleistungen zur Energiespeicherung, zum Hochwasserschutz und zur Ressourcensicherung, Göttingen 2023.

Der Autor

Dr.-Ing. Andreas Lange ist Leiter Ressourcen bei der Harzwasserwerke GmbH in Hildesheim.

Kontakt:

Dr. Andreas Lange
Harzwasserwerke GmbH
Bördestr. 23
31135 Hildesheim
Tel.: 05121 404-200
E-Mail: andreas.lange@harzwasserwerke.de
Internet: www.harzwasserwerke.de

Besuchen Sie uns online: shop.wvgw.de



Filterhalle des Wasserwerks Wienrode der FEO: Die Einspeisung von Trinkwasser in das Verteilnetz des Versorgers wird maßgeblich durch die Tagesmitteltemperatur beeinflusst.

Quelle: FEO

Auswirkungen des Klimawandels auf den Trinkwasserbedarf

Die **Auswirkungen des Klimawandels auf die Trinkwasserversorgung** sind vielschichtiger Art. Neben den möglichen Veränderungen im Wasserdargebot, welches für die Trinkwasserversorgung genutzt werden kann, ist davon auszugehen, dass **durch die klimatischen Änderungen auch die Trinkwassernachfrage beeinflusst** werden wird. Eine Auswertung des Trinkwasserbedarfes im Trinkwassernetz der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH für die zurückliegenden Jahre zeigt einen Zusammenhang zwischen Trinkwassereinspeisung und Witterung. Hitzeperioden führen unabhängig vom mittleren Trinkwasserbedarf zu deutlichen und überproportional ansteigenden Bedarfsspitzen. Die **zu erwartende Temperaturerhöhung insbesondere in den Sommermonaten** muss daher bei zukünftigen Planungen der Versorgungs- und Trinkwasserspeicherkapazitäten berücksichtigt werden.

von: Peter Rothenhöfer & Julia Gaudig (beide: Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH)

Die möglichen Auswirkungen der prognostizierten Klimaveränderungen auf die Trinkwasserversorgung in Deutschland werden vielfach vorwiegend unter dem Aspekt der Änderungen im Wasserdargebot betrachtet, welches noch in ausreichender Menge und Qualität für die Trinkwasseraufbereitung und -versorgung zur Verfügung steht. Weniger im Fokus stehen dagegen die möglichen Auswirkungen auf den Trinkwasserbedarf selbst [1].

Für die Trinkwasserversorgung ist der Trinkwasserbedarf eine zentrale Kenngröße, wobei der für die Berechnung verwendete Bezugszeitraum sehr unterschiedlich sein kann. Während für wirtschaftliche Fragestellungen (wie Preiskalkulation oder Kostenplanung) der Fokus auf der Jahresproduktion oder der mittleren Tagesproduktion liegt, spielen im technischen Bereich auch die Spitzenwerte (wie die maximale Tagesproduktion (Q1) oder die maximale Produktion über einen defi-

nierten Zeitraum (z. B. Q7) eine wichtige Rolle. Relevant sind diese Größen beispielsweise für die Auslegung und Dimensionierung von Anlagen, die tatsächliche Gewährleistung eines sicheren Systembetriebes auch unter Maximalbedingungen oder die Beherrschung von Störfallszenarien. Aber auch strategische Entscheidungen, wie die Entscheidung zu Neukundenanschlüssen, Systemerweiterungen oder notwendige Investitionsentscheidungen, werden durch die maximalen Produktionsmen-

Tabelle 1: Kenndaten der Trinkwasserproduktion und des Klimas für die Jahre 2017 bis 2021

Jahr	Q365 Tm ³ /d	Q7 Tm ³ /d	Q1 Tm ³ /d	T _{Mittel} °C	T _{Max} °C	Niederschlag mm	Sommertage > 25 °C	Tropentage > 30 °C
2017	208	247	269	10,3	33,3	542	48	9
2018	223	270	291	11,27	36,6	338	85	29
2019	217	287	300	11,23	38,3	397	67	5
2020	216	280	291	11,25	36,8	425	59	15
2021	216	287	312	9,75	33,3	649	46	6

Quelle: FEO
 Q365: mittlere Tagesproduktion; Q7: höchster Wert der Produktion über sieben Tage, als Tageswert gemittelt; Q1: maximale Netzeinspeisung der FEO.
 Klimadaten als Jahreswerte für die Station Leipzig/Halle aus Tagesdaten des DWD [5]

gen und die noch verbleibenden Kapazitätsreserven an den Spitzentagen bestimmt.

Trinkwassernetzeinspeisung

Die Höhe des tatsächlichen Trinkwasserbedarfs (nachfolgend als Netzeinspeisung bezeichnet) wird durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Entscheidenden Einfluss haben dabei die Größe und die wirtschaftliche Entwicklung des Versorgungsgebietes. Auch die Demografie und der Lebensstandard innerhalb des versorgten Gebietes spielen eine große Rolle für die Höhe der Netzeinspeisung [2].

Dieser Grundbedarf wird modifiziert durch Sonderbetriebsfälle im Versorgungssystem, wenn beispielsweise bestimmte Anlagen nicht zur Verfügung stehen oder auf alternative Einspeisemöglichkeiten zurückgegriffen werden muss. Letzteres ist vor allem in größeren Verbundsystemen relevant, wenn sich lokale Trinkwasseraufbereitungsanlagen und überregionale Versorgungssysteme ergänzen.

Nicht zuletzt beeinflusst auch die Witterung die tatsächliche Netzeinspeisung [3], beispielsweise aufgrund eines höheren Bewässerungs- oder Kühlwasserbedarfes, aber auch durch Änderungen im häuslichen Wassergebrauch. Insbesondere in großen Versorgungsgebieten überlagern sich dabei lokale und überregionale Faktoren. Eine belastbare Prognose der notwendigen Netzeinspeisung ist daher sehr komplex und hinreichend genaue Prognosemodelle auch für eine mehrtägige Prognose befinden sich derzeit noch in der Erprobungsphase [4].

Das Versorgungsgebiet der FEO

Die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (FEO) versorgt als Vorversorger große Teile Mitteldeutschlands mit Trinkwasser. Das Versorgungsgebiet erstreckt sich von Blankenburg im Harz im Westen bis zur Elbe bei Torgau im Osten und Altenburg und Zeitz im Süden. Das Gebiet umfasst sowohl stark ländlich geprägte Gebiete als auch städtische Bereiche mit hoher Besiedlungsdichte und ansässiger Industrie. Die angeschlossenen Kommunen und Verbände verfügen teilweise zusätzlich über eigene Aufbereitungs-

kapazitäten, andere Gebiete werden ausschließlich mit Fernwasser versorgt. Dementsprechend unterliegt der Trinkwasserbedarf aufgrund der oben beschriebenen Einflussfaktoren zum Teil erheblichen kurzfristigen Schwankungen.

Netzeinspeisung in den zurückliegenden Jahren

Anhand der Netzeinspeisung der FEO im Vergleich der Jahre 2017 bis 2021 wurde der witterungsbedingte Anteil der Netzeinspeisung untersucht. Einige Kenndaten zum Klima und zur Trinkwasserproduktion in den Anlagen der FEO sind in **Tabelle 1** aufgelistet. ▶

Zugelassene Trinkwasseruntersuchungsstelle

nach § 40 TrinkwV akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025



Wir bieten u.a.:

- mikrobiologische sowie physikalisch-chemische und chemische Trinkwasseranalysen
- Legionellenuntersuchungen nach § 31 TrinkwV
- Risikoabschätzungen
- Hygiene-Erstinspektionen nach VDI 6023

DAkks
Deutsche
 Akkreditierungsstelle
 D-PL-19028-02-00

- Hygieneinspektionen an raumluftechnischen Anlagen
- Schwimm- und Badebeckenwasseruntersuchungen
- Untersuchungen gemäß 42. BImSchV, etc.





Lehr- und Versuchsgesellschaft für innovative Hygienetechnik GmbH
 Institut für angewandte Bau- und Bäderhygiene

Bleichstraße 6-8 · 45468 Mülheim an der Ruhr
 Telefon +49 (0) 208 - 305 679-0 · www.lvht.de · info@lvht.de

Das Jahr 2017 repräsentiert dabei klimatisch ein unter den aktuellen klimatischen Bedingungen eher durchschnittliches Jahr. Die Jahresmitteltemperatur erreichte in Mitteldeutschland 10,3 °C bei einem Jahresniederschlag von 540 mm.

Das Jahr 2018 war das erste einer Reihe von Trockenjahren. Der Witterungsverlauf wurde geprägt durch häufige und länger dauernde niederschlagsfreie Zeiträume auch in den Sommermonaten. Dies ging einher mit über einen längeren Zeitraum anhaltend hohen Temperaturen bis über 36 °C. Die mittlere Temperatur lag mit 11,2 °C um fast 1 °C höher als 2017 und in der Niederschlagsbilanz fehlten in Mitteldeutschland mit 338 mm Jahressumme etwa 200 mm gegenüber dem Normalwert.

Demgegenüber war das Jahr 2021 ein eher wechselhaftes Jahr. Die Jahresniederschläge lagen sogar über dem Durchschnittswert und die Jahresmitteltemperatur mit 9,7 °C deutlich unterhalb des Wertes von 2018. Trotz der insgesamt eher kühlen Witterung gab es im Sommer 2021 auch mehrtägige Phasen mit Temperaturen über 30 °C.

Die **Abbildung 1** zeigt für die fünf Jahre die Dauerlinie der Netzeinspeisung in das Versorgungsgebiet der FEO. Anhand dieser Linien lässt sich die Anzahl der Tage ermitteln, an denen eine bestimmte Netzeinspeisung erreicht oder überschritten wurde.

Im Jahr 2017 wurde eine Netzeinspeisung von 250.000 m³/d an insgesamt sieben Tagen überschritten, während die gleiche Netzeinspeisung im Folgejahr dagegen an fast 60 Tagen erreicht oder überschritten wurde. Ebenfalls im Jahr 2017 wurde eine maximale Netzeinspeisung (Q1) von 269.000 m³/d registriert, die Summe der Netzeinspeisung über sieben aufeinanderfolgende Tage (Q7) lag bei 247.900 m³/d. Im Jahr 2021 erreichte der Wert für Q1 312.000 m³/d und für Q7 287.000 m³/d – das bedeutet gegenüber 2017 eine Steigerung der Spitzenproduktion um 15 Prozent (**Abb. 2**) und entspricht in der Größenordnung von 40.000 m³ der Kapazität eines mittleren Wasserwerkes.

Die mit der höheren Netzeinspeisung verbundene Auslastung der Anlagen zur Trinkwasserproduktion ist aus

ökonomischer Sicht prinzipiell positiv zu bewerten. Allerdings sind in Phasen mit hoher Auslastung häufig wartungsbedingte Außerbetriebnahmen von Anlagenteilen nicht möglich. Das für die Beseitigung von Störungen zur Verfügung stehende Zeitfenster verringert sich ebenfalls mit steigender Anlagenauslastung. Dies hat unmittelbar Auswirkungen auf die Logistik, die Instandhaltungsplanung und die Organisation von Bereitschafts- und Entstördiensten.

In Abhängigkeit von der Anlagenstruktur können kurzzeitig auftretende Maximalwerte über Speichereinrichtungen innerhalb des Versorgungsnetzes abgefangen werden und müssen nicht unmittelbar über die Aufbereitungsanlagen kompensiert werden. Auch im Trinkwassernetz der FEO befinden sich mehrere Hochbehälter, die in der Lage sind, kurzzeitige Abnahmespitzen auszugleichen. Bei länger andauernden Phasen mit hoher Abgabe wird aber das Ausgleichsvermögen dieser Speichereinrichtungen sukzessive abgebaut und die Nachlieferung von Trinkwasser in das Versorgungssystem wird umso wichtiger.

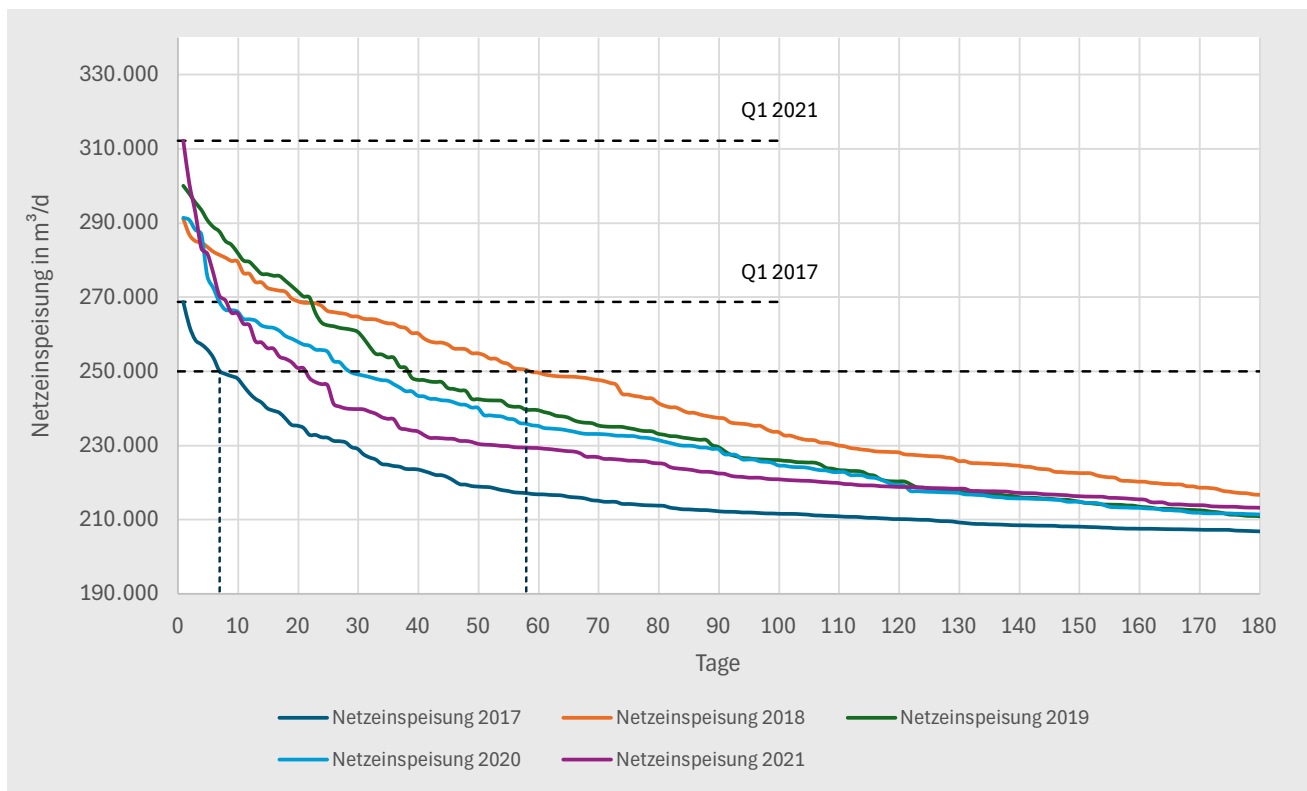


Abb. 1: Dauerlinie der Netzeinspeisung aus den Wasserwerken der FEO für die Jahre 2017 bis 2021

Quelle: FEO

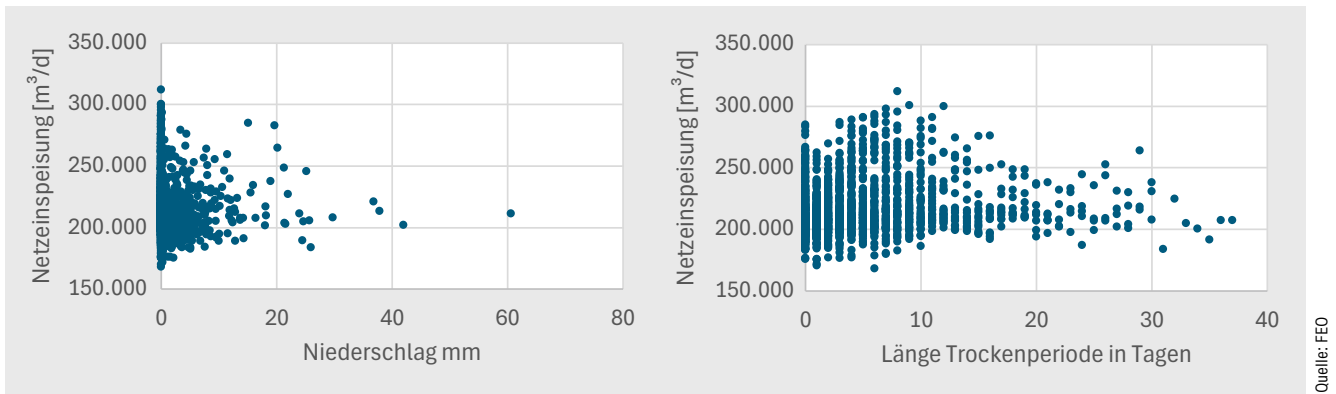


Abb. 2: Tägliche Netzeinspeisung in Abhängigkeit von niederschlagsbezogenen Parametern

Einfluss der Witterung auf die Netzeinspeisung

Der Anstieg der genannten Kennzahlen zeigt, dass klimatische Bedingungen, wie sie heute bereits auftreten, auch für die Trinkwasserversorgung eine hohe Relevanz haben. Dies betrifft die Vorhaltung von Aufbereitungsreserven für Abnahmespitzen, die vorzuhaltende Speicherkapazität im Netz sowie die Planung und Organisation von Instandhaltungsmaßnahmen.

Die Betrachtung der Kennzahlen Q1 und Q7 sowie der Überschreitungstage erlaubt allerdings noch keine Abschätzung, wie groß die witterungsbedingten Einflüsse auf die Netzeinspeisung sind. Zur Identifizierung dieser Abhängigkeiten wurden die täglichen Werte der Netzeinspeisung für die Jahre 2017 bis 2021 in Abhängigkeit der einfach erfassbaren Messgrößen Niederschlag und Tagesmitteltemperatur näher betrachtet (Abb. 3). Die nachfolgenden Schlussfolgerungen wurden auf Basis dieser Daten rein qualitativ gezogen und nicht mithilfe statistischer Methoden auf Signifikanz geprüft. Sie sind folglich nicht als exakte Prognose zu verstehen, sondern dienen ausschließlich der Abschätzung der Beeinflussung der Netzeinspeisung durch klimatisch bedingte Einflüsse. Eine exakte Ermittlung und Prognose bedarf umfassenderer statistischer und systemischer Untersuchungen der gesamten Einflussfaktoren [4].

Ein einfacher Zusammenhang zwischen den niederschlagsbezogenen Kenngrößen wie Niederschlagssumme oder der Dauer von Trockenperioden ist in den Messdaten nicht erkennbar (Abb. 2). Vielmehr überwiegt das in den Messdaten vorhandene „Grundrauschen“ durch andere Einflussfaktoren, sodass ein Einfluss von Niederschlag oder ausbleibendem Niederschlag auf die Netzeinspeisung überlagert wird. Dagegen ergibt sich für die Netzeinspeisung in Abhängigkeit der Tagesmitteltemperatur (Abb. 3) für alle betrachteten Jahre ein wiederkehrendes Muster, das trotz der starken Schwankungsbreite der Netzeinspeisung erkennbar bleibt.

Bis hin zu moderaten Tagesmitteltemperaturen bis etwa 15 °C ist nur eine geringe Temperaturabhängigkeit der Netzeinspeisung erkennbar. Für diesen Temperaturbereich steigt die Netzeinspeisung im Mittel um rund 1.000 m³/d

je °C. Das entspricht, bezogen auf die mittlere Netzeinspeisung von etwa 210.000 m³/d, ungefähr einer Zunahme um 0,5 Prozent je °C. Bei Tagesmitteltemperaturen oberhalb von etwa 18 °C wiederum nimmt der Temperatureinfluss auf die Netzeinspeisung deutlich zu. Bei sommerlichen Wetterlagen ist demnach mit einer Abgabeerhöhung um etwa 5.500 m³/d je °C zu rechnen. Umgerechnet auf die mittlere Einspeisung entspricht dies einer Zunahme von etwa 3 Prozent je °C Temperaturanstieg.

Eine nähere Betrachtung der Absatzmengen im Sommer 2019 während der einwöchigen Hitzeperiode zwischen dem 22. und 30. Juli zeigt, dass in besonderen Fällen der Trink-

sc-recon Druckdatenlogger
Hydrantentestgerät
Trübungsmessgerät

Druckdatenlogger

Hydrantentestgerät



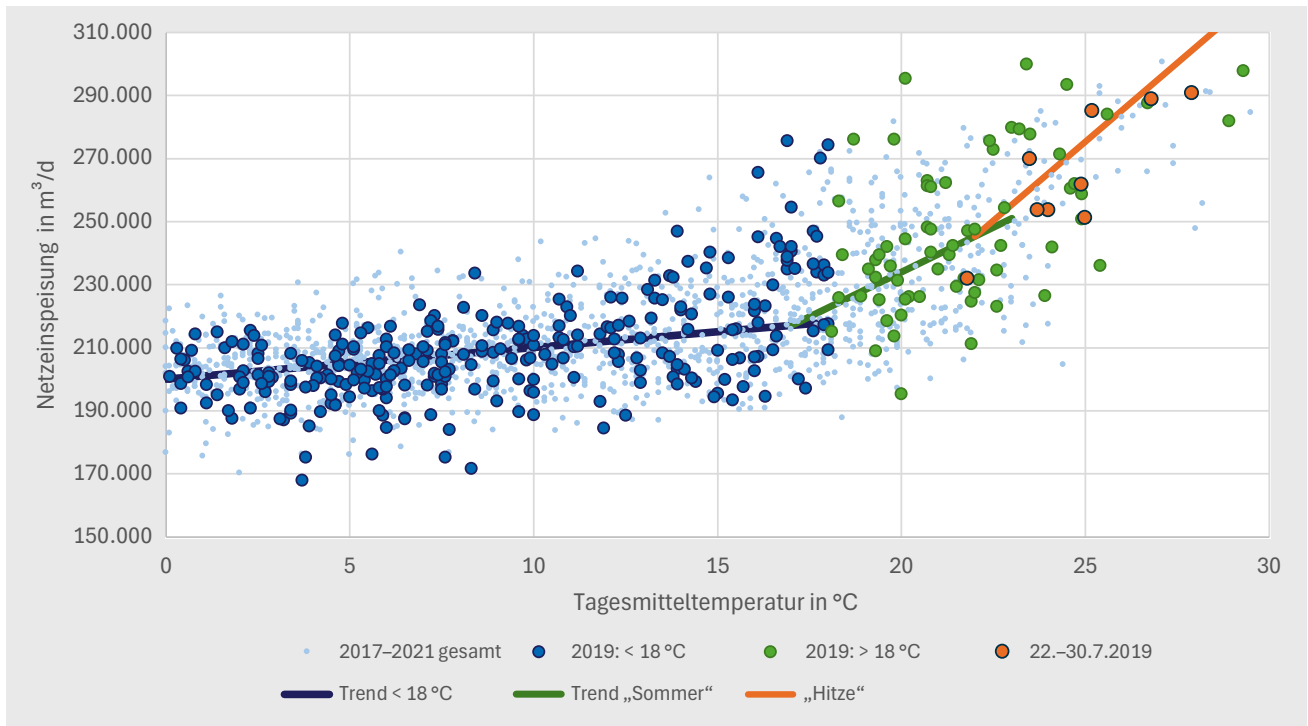
sc-recon GmbH ~ D-59069 Hamm

Weitere Produkte und Produktinformationen finden Sie unter:

www.sc-recon.de

Tel.: +49 2385 70 912 64

mail@sc-recon.de



Quelle: FEO

Abb. 3: Netzeinspeisung in Abhängigkeit der Tagesmitteltemperatur am Beispiel des Jahres 2019 im Vergleich zum Gesamtzeitraum 2017 bis 2021

wasserbedarf auch stärker steigen kann. Ausgehend von 230.000 m³/d zu Beginn der Periode bei etwa 22 °C stieg die Netzeinspeisung bis zu Spitzenwerten von über 290.000 m³/d (bei 27,9 °C) an. Die in dieser Woche beobachteten Werte der Netzeinspeisung entsprechen somit einem Anstieg um fast 10.000 m³/d je °C.

Abschätzung der Klimafolgen auf die Netzeinspeisung

Das Klima im mitteldeutschen Raum unterliegt bereits einer messbaren Veränderung. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) registriert deutschlandweit einen Anstieg der mittleren Temperatur seit dem Jahr 1881 um 1,8 °C und eine deutliche Zunahme der Anzahl heißer Tage [6]. Angesichts der nur teilweise erfolgreichen CO₂-Einsparungsmaßnahmen prognostizieren die Klimamodelle einen weiteren Temperaturanstieg. Innerhalb der möglichen Spannweite der verschiedenen Klimaszenarien und -modelle wurde für die nachfolgende Betroffenheitsabschätzung ein gegenüber dem aktuellen Zustand zusätzlicher Temperaturanstieg um 2 °C angenommen [7].

Der überwiegende Teil des Jahres fällt in den Bereich mit einer nur geringen Temperaturabhängigkeit der Netzeinspeisung. Eine Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur um 2 °C würde in diesem Szenario (Anstieg um 0,5 Prozent/°C) eine zusätzliche Netzeinspeisung von etwa 1 Prozent bedeuten. Dieser Wert liegt in-

nerhalb des Schwankungsbereiches der normalen Netzeinspeisung, sodass der zusätzliche Trinkwasserbedarf in der Regel problemlos abgedeckt werden kann.

Ein Anstieg der Sommertemperaturen um 2 °C führt wegen des in den wärmeren Monaten stärkeren Temperatureinflusses zu einem Anstieg der Produktionsmengen um etwa 6 Prozent. Auch dieser Wert liegt innerhalb der im Regelfall vorhandenen Kapazitätsreserve zur Absicherung von Spitzenbedarfen, aber auch Havarieren, sodass diese Erhöhung der Auslastung grundsätzlich ohne Einschränkung der Trinkwasserbereitstellung gedeckt werden kann. Es ist aber zu beachten, dass eine damit einhergehende Verringerung der Kapazitätsreserve an Spitzentagen Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit im Havariefall haben kann.

Eine größere Herausforderung stellen vermehrt auftretende Hitzeperioden dar: Hier könnten um 2 °C höhere Temperaturen zu einem Mehrbedarf von zusätzlich bis zu 20.000 m³/d (entsprechend etwa 10 Prozent der mittleren Auslastung) führen. Derartige Mehrbedarfe stellen einen erheblichen Eingriff in die angestrebten Reservekapazitäten dar. Die Situation wird durch länger andauernde Hitzeperioden zusätzlich verschärft, da durch die verringerten Reserven möglicherweise notwendige Wartungsarbeiten aufgeschoben werden müssen und dadurch Störungen an den relevanten Anlagenteilen häufiger auftreten könnten.

”

Hitzeperioden lassen im Sommer künftig deutlich höhere Spitzenbedarfe erwarten, während der mittlere Bedarf auch bei höheren Temperaturen nur moderat steigen dürfte.

Im Rahmen ihrer Versorgungskonzeption hat die FEO auch mögliche und relevante Störfälle betrachtet. Der maßgebliche Havariefall würde demnach die verfügbare Aufbereitungskapazität um 25.000 m³/d reduzieren. Entsprechend muss zur Beherrschung dieses Ausfallszenarios innerhalb des Versorgungssystems der FEO eine entsprechende Reservekapazität vorgehalten werden.

Bereits in den Jahren 2019 und 2021 wurde für das Q7 diese angestrebte Reservekapazität geringfügig unterschritten. Mit fortschreitender Klimaveränderung muss deshalb davon ausgegangen werden, dass dieser Wert zukünftig immer häufiger unterschritten wird, sodass Kompensationsmaßnahmen innerhalb der Anlagen in Form von zusätzlichen Aufbereitungs- oder Speicherkapazitäten erforderlich sein werden.

Zusammenfassung

Die Einspeisung von Trinkwasser in das Versorgungssystem der FEO zeigt eine Beeinflussung durch die Tagesmitteltemperatur, wobei der Trinkwasserbedarf progressiv mit der Tagesmitteltemperatur anwächst. Eine Konstanz dieser Abhängigkeit vorausgesetzt, lassen Hitzeperioden im Sommer zukünftig deutlich höhere Spitzenbedarfe erwarten, während der mittlere Bedarf auch bei höheren Temperaturen nur moderat steigen dürfte. Insbesondere die zunehmenden Spitzenbedarfe machen eine Anpassung der Aufbereitungs- und Speicherkapazitäten mit einem entsprechenden Investitionsbedarf in den nächsten Jahren erforderlich, um die bestehende hohe Versorgungssicherheit in Menge und Qualität auch in Zukunft zu gewährleisten. ■

Literatur

- [1] Riedel, T., Nolte, C., aus der Beek, T., Liedtke, J., Sures, B., Grabner, D.: Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien, Dessau-Roßlau 2021.
- [2] Niehues, B., Merkel, W.: Die Wasserversorgung im Trockenjahr 2018 – Stressindikatoren und Ergebnisse einer aktuellen DVGW-Umfrage, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 10/2020, S. 38–42.
- [3] Österreichischer Verband des Gas- und Wasserfaches e. V.: Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Auswertung empirischer Daten zum Wasserverbrauch, Wien 2012.
- [4] Martin, T., Korth, A., Schubert, K.: Aktualisierung der Verbrauchsganglinien für Haushalte, Kleingewerbe und öffentliche Gebäude sowie Entwicklung eines mathematischen Modells zur Simulation des Wasserbedarfes. Abschlussbericht, Bonn 2017.

- [5] DWD: Klimadaten Deutschland. Online unter www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klimadatendeutschland.html, abgerufen am 10. Juli 2024.
- [6] DWD: Klimastatusbericht für das Jahr 2023. Online unter www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb_2023.html?nn=18256, abgerufen am 10. Juli 2024.
- [7] DWD: Deutscher Klimaatlas. Online unter www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html, abgerufen am 10. Juli 2024.

Die Autoren

Peter Rothenhöfer ist Leiter des Unternehmensbereichs Qualitätssicherung und Ressourcen bei der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH.

Julia Gaudig ist Leiterin Verkauf im Unternehmensbereich Vertrieb und Unternehmensentwicklung der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH.

Kontakt:

Peter Rothenhöfer
Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH
Naundorfer Str. 46
04860 Torgau
Tel.: 03421 757-338
E-Mail: peter.rothenhoefer@feo.de
Internet: www.feo.de



Bau und
Bautenschutz
seit 1948

Trinkwasserbehälter-Sanierung

Spritzmörtel, rein mineralisch Typ 1 DVGW W 300, Hygienisch ideal und leistungsfähige Applikation über 220 m Förderlänge



Trinkwasser

- Neubau
- Instandsetzung
- Abdichtung innen/außen
- Beschichtung
- Fugensanierung
- Umbau
- Desinfektion
- Reinigung



www.flint.de







Maßnahmen zur Klimaanpassung

bei der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen

Die **Versorgung des Bundeslandes Sachsen mit Trinkwasser** beruht zu großen Teilen auf den insgesamt 25 Trinkwassertalsperren des Freistaates. Deren Bewirtschaftung ist in den vergangenen beiden Jahrzehnten **in zunehmendem Maß vom fortschreitenden Klimawandel geprägt** worden: Hochwasserereignisse auf der einen und Trocken- und Hitzeperioden auf der anderen Seite stellen in diesem Zusammenhang wesentliche Herausforderungen bei der Versorgung der Allgemeinheit mit Trinkwasser dar. Der vorliegende Beitrag **erläutert vor diesem Hintergrund die Ausgangsbedingungen in Sachsen** und gibt einen Überblick, mit welchen Maßnahmen die zuständige Landestalsperrenverwaltung diesen Herausforderungen begegnet.

von: Stephan Schuch (Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen)



Die Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) betreibt insgesamt 87 Stauanlagen, darunter 25 Trinkwassertalsperren. Mit den Trinkwassertalsperren, welche in ihrer Hauptfunktion der Rohwasserbereitstellung für die öffentliche Trinkwasserversorgung dienen, werden etwa 40 Prozent des Trinkwasserbedarfs im Freistaat Sachsen gedeckt. Regionale Schwerpunkte der Rohwasserbereitstellung aus Talsperren liegen im Mittel- und Osterzgebirge und im Vogtland sowie den Ballungsräumen Chemnitz und Dresden.

In den vergangenen Jahren bzw. Jahrzehnten war die Talsperrenbewirt-

schaftung in Sachsen durch unterschiedlich lang andauernde Phasen mit verschiedenen hydrologischen Extremereignissen geprägt. Hierzu zählen insbesondere die Extremhochwasserereignisse zwischen 2002 bis 2013 sowie seit dem Jahr 2014 die ausgeprägte Trockenperiode mit den extremen Trockenjahren 2018 bis 2020.

Infolge der vorgenannten Extremereignisse wurden in der Vergangenheit bereits verschiedene organisatorische Anpassungen hinsichtlich der Bewirtschaftung der Talsperren vorgenommen, aber auch zahlreiche bauliche Maßnahmen geplant und teilweise bereits umgesetzt.

Derzeit werden Untersuchungen zur Entwicklung der Rohwasserabgabe der sächsischen Talsperren mit Blick auf den fortschreitenden Klimawandel durchgeführt. Dabei werden unter Berücksichtigung der vorliegenden und geeigneten Klimaprojektionen für bestimmte Klimaszenarien umfassende Berechnungen zur Prognose der Klimaauswirkungen auf die Dargebotsentwicklung in den Talsperrenzuflüssen sowie deren Folgen für die Rohwasserabgabekapazität (im Weiteren bezeichnet als Leistungsfähigkeit) durchgeführt. Die Ergebnisse liegen bereits für die Trinkwassertalsperren der LTV vor. Auf Basis der Klimaprojektionen zeichnet sich in regional unterschiedlicher Ausprägung grundsätzlich ab, dass eine Reduzierung der Leistungsfähigkeit zu erwarten ist. Nach Abgleich mit den aktuellen Bedarfen werden darauf aufbauend erste vertiefende Untersuchungen an besonders betroffenen Talsperren unternommen, um mögliche und realisierbare Maßnahmen zu entwickeln, die diesem Trend entgegenwirken.

Ziel ist es, diejenigen Maßnahmen zu identifizieren, mit welchen die Leistungsfähigkeit langfristig und nachhaltig stabilisiert oder ggf. auch gesteigert werden kann, um auch in Zukunft weiterhin die Bedarfe zu decken und damit die talsperrengebundene öffentliche Trinkwasserversorgung in Sachsen mit der erforderlichen Bereitstellungssicherheit gewährleisten zu können.

Die Ausgangssituation

Der Staatsbetrieb Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen betreibt neben anderen Aufgabenschwerpunkten seit über drei Jahrzehnten die freistaatseigenen Talsperren, darunter auch 25 Trinkwassertalsperren. Der bereits genannte Anteil in Höhe von etwa 40 Prozent an der öffentlichen Trinkwasserversorgung ist in Sachsen im bundesweiten Vergleich sehr hoch, sodass die Talsperrenbewirtschaftung insbesondere bezüglich der Daseinsvorsorge im Freistaat eine wichtige Rolle spielt.

Im Freistaat Sachsen werden die Talsperren als multifunktionale Anlagen bewirtschaftet. Das bedeutet, dass die Talsperren neben der Trinkwasser- bzw. Brauchwasserversorgung wichtige Beiträge zum Hochwasserschutz, zur Erzeugung erneuerbarer Energien und zum Naturschutz leisten und teilweise auch touristisch genutzt werden.

Um die vorgenannten Hauptnutzungsanforderungen bestmöglich zu erfüllen, ist eine vorausschauende und fachlich fundierte Bewirtschaftung der Talsperren erforderlich, bei der auf Grundlage der Erkenntnisse aus der Historie Bewirtschaftungsprognosen für die Zukunft abgeleitet werden und eine daran ausgerichtete Bewirtschaftung erfolgt.

In den letzten Jahrzehnten war die Talsperrenbewirtschaftung in Sachsen von Phasen mit unterschiedlich ausgeprägten hydrologischen Extremereignissen gekennzeichnet. Diese beeinflussen die Zuflusssituation zu den Talsperren und haben damit maßgeblichen Einfluss auf die Bewirtschaftung. Neben einer Reihe von Extremhochwasserereignissen in den Jahren 2002 bis 2013 war im Zeitraum von 2014 bis 2022 eine ausgeprägte Trockenperiode in Sachsen zu bewältigen, die in den Jahren 2018 bis 2020 in einer extremen Trockenheit gipfelte.

In **Abbildung 1** ist die Zuflusssituation zu zwölf repräsentativen Trinkwassertalsperren des Freistaates Sach- ▶



Staumauer der Talsperre Pöhl im Vogtland: Die insgesamt 25 Talsperren in Sachsen sind eine wichtige Stütze der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

Quelle: Animaflores/PicsStock/stock.adobe.com

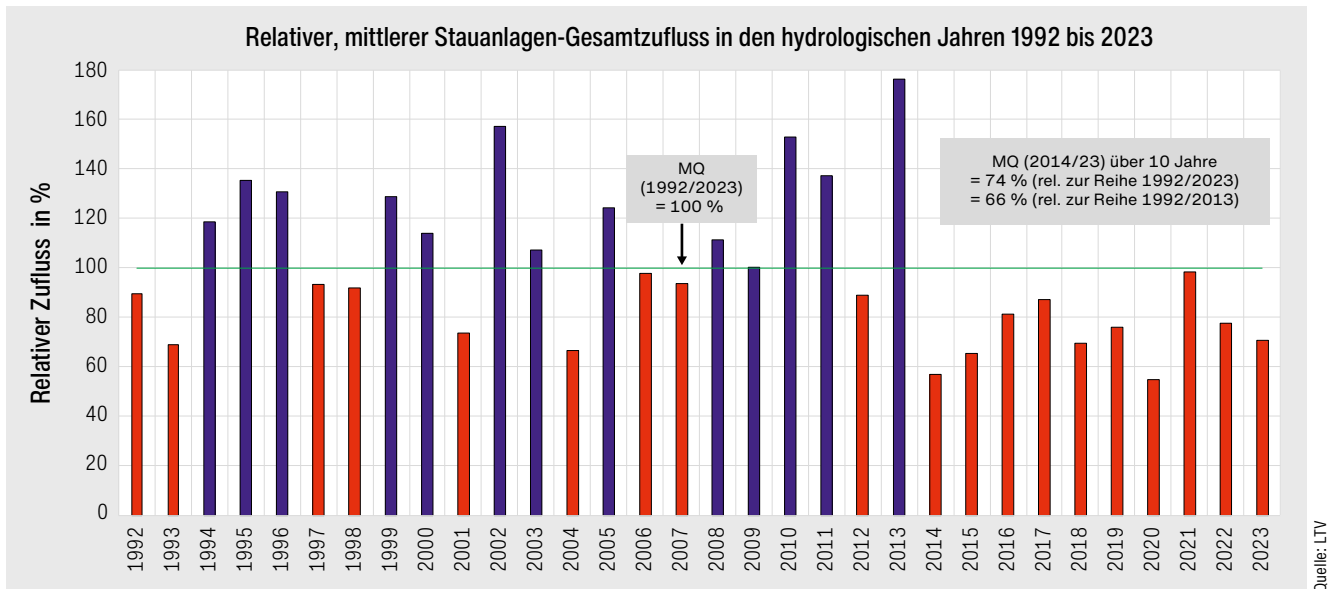


Abb. 1: Zuflusssituation für zwölf repräsentative Trinkwassertalsperren in Sachsen 1992 bis 2023

sen als normierte Jahressumme für den Zeitraum von 1992 bis 2023 dargestellt. Das langjährige Mittel (1992 bis 2023) stellt dabei den relativen Zufluss bei 100 Prozent dar (grüne horizontale Linie). Es wird deutlich, dass bereits in den 1990er-Jahren und, obwohl nicht dargestellt, auch davor Schwankungen hinsichtlich der Zuflusssituation zu den Talsperren festzustellen waren und auch hier Jahre mit geringeren und überdurchschnittlichen Zuflusssummen auftraten.

Anpassungsmaßnahmen an Hochwasserereignisse

Im Zeitraum zwischen 2002 und 2013 traten in den Jahren 2002, 2005, 2010, 2011 und 2013 überregionale und intensive Hochwasserereignisse auf, welche die Jahressumme der Zuflüsse maßgeblich beeinflussen. Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass die Auswertung der Jahressumme keine Auskunft darüber gibt, ob die Zuflüsse zu den Talsperren in diesen Jahren kontinuierlich erhöht waren oder ein bzw. mehrere Einzelereignisse die Jahressumme maßgeblich beeinflussten.

Ab dem Jahr 2014 begann eine ausgeprägte Trockenperiode und die Jahressummen der Talsperrenzuflüsse erreichten in den folgenden Jahren nicht mehr den langjährigen Mittel-

wert. In den Sommermonaten sind in diesem Zeitraum nur sehr geringe Zuflüsse zu verzeichnen und auch in den Wintermonaten bleiben die Zuflüsse unter den langjährigen Erwartungen zurück. Von 2018 bis 2020 ist eine extreme Trockenheit festzustellen. Bei einigen Talsperren wurden in den Sommermonaten nur sehr geringe bzw. keine Zuflüsse beobachtet und auch in den Wintermonaten blieben hinreichend erhöhte Zuflüsse aus, sodass die Stauziele im Frühjahr nicht erreicht werden konnten und die Bewirtschaftung der Talsperren sich sehr herausfordernd gestaltete. Trotz dieser extremen Situation wurde die Rohwasserbereitstellung für die Trinkwasserversorgung stets gewährleistet.

Seltene Hochwasserereignisse mit hoher Intensität und extreme Trockenheiten stellen für die Talsperrenbewirtschaftung besondere Herausforderungen dar, welche bei der baulichen und organisatorischen Weiterentwicklung zu berücksichtigen sind.

Das Augusthochwasser 2002 war für die sächsische Wasserwirtschaft ein sehr prägendes Ereignis. In den Einzugsgebieten der Talsperren wurden Tagesniederschlagswerte von bis zu 360 mm beobachtet, welche im Bereich der bis dahin gültigen maximal möglichen Flächenniederschlagswerte lagen und entsprechend extreme Hochwas-

serganglinien in den Zuflüssen erzeugten. Durch die Steuerung der Talsperren konnten die Scheitelabflüsse im Unterlauf der Talsperren wesentlich gemindert und zeitlich verzögert werden. Das extreme Hochwasser verursachte durch die hohen hydraulischen Belastungen auch an den Talsperren teils erhebliche Schäden, insbesondere an Vorsperren/Vorbecken und an den Hochwasserentlastungsanlagen.

Das Hochwasserereignis wurde intensiv ausgewertet. Im Ergebnis der Plausibilisierung der Beobachtungen, der Ereignisanalyse und der Fortschreibung der hydrologischen Bemessungskonzepte für die Gewässer und Stauanlagen erfolgte im ersten Schritt zunächst die Vorbereitung und Umsetzung organisatorischer Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwassersicherheit der Talsperren des Hochwasserschutzes für die Unterlieger. Zum Teil parallel dazu bzw. anschließend wurden im zweiten Schritt (bau-)technische Maßnahmen planerisch vorbereitet und baulich realisiert.

Als eine der wesentlichen organisatorischen Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwassersicherheit wurden die gewöhnlichen Hochwasserrückhalte Räume in den Talsperren wesentlich vergrößert: So wurde der vorhandene gewöhnliche Hochwasserrückhalte Raum der Trinkwassertalsperren von

ursprünglich 22 Mio. m³ um etwa 26 Mio. m³ zusätzlicher Rückhalteraum vergrößert. Diese Maßnahme ging mit einer Reduzierung der Betriebsräume in den Talsperren einher und war möglich, da der Wasserbedarf in Sachsen in den 1990er-Jahren erheblich zurückging und somit entsprechende Reserven zur Verfügung standen, welche mit einer geänderten Stauraumaufteilung umgenutzt wurden.

Des Weiteren wurden auf der Grundlage neu entwickelter Bemessungsansätze infolge der Auswertung des Hochwasserereignisses 2002 eine ganze Reihe von baulichen Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwassersicherheit von Stauanlagen in Zuständigkeit der LTV begonnen. Ein Beispiel für die Umsetzung einer baulichen Maßnahme im Sinne der Hochwassersicherheit ist die Anordnung eines 3,3 km langen Umgehungsstollens im Zuge der Instandsetzung der Talsperre Klingenberg. Dieser zweigt oberstrom im Bereich der Vorsperre ab und mündet unterstrom der Hauptsperre wieder in das Gewässer ein (Abb. 2).

Der Umgehungsstollen mit einem Innendurchmesser von etwa 3 m wurde im bergmännischen Vortrieb zeitlich vor der Sanierung der Hauptsperre errichtet, inklusive der dazugehörigen Anlagenteile. Im Stollen wurde gleichzeitig eine Rohrleitung zur Rohwasserbereitstellung für die Trinkwasserversorgung verlegt (Abb. 3 & 4). Somit konnte während der Instandsetzungsmaßnahme an der Talsperre Lichtenberg über den Stollen sowohl die bauzeitliche Umleitung des Gewässers als auch die Verpflichtung zur Rohwasserbereitstellung gewährleistet werden.



Quelle: LTV

Auch nach der Instandsetzungsmaßnahme wird der Umgehungsstollen sowohl im Regelbetrieb für die Mengen- und Gütebewirtschaftung der Talsperren aber auch im Hochwasserfall mit der Möglichkeit der Nutzung als Druckstollen weiter genutzt.

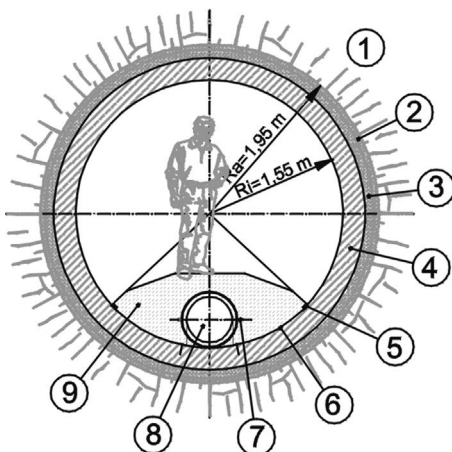
Abb. 2: Anordnung des Umgehungsstollens im Zuge der Instandsetzung der Talsperre Klingenberg

Anpassungsmaßnahmen an Trocken- und Hitzeperioden

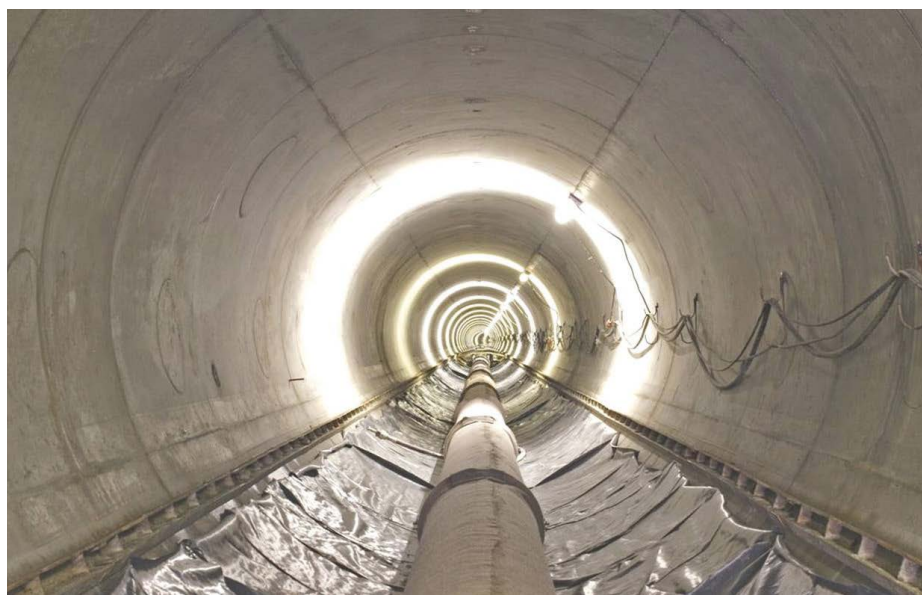
Auch unter dem Eindruck der seit dem Jahr 2014 zu beobachtenden Trockenperiode erfolgt seit einigen Jahren eine intensive Befassung mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die zukünftige Talsperrenbewirtschaftung. Dabei steht im Freistaat Sachsen zunächst die Rohwasserbereitstellung für die Trinkwasserversorgung im Fokus. Die Betrachtung erfolgt auf Basis von Klimaprojektionen, welche die Landestalsperrenverwaltung nicht selbst erarbeitet, sondern vorliegende Klimaprojektionen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie nutzt. Bezüglich der anzuwendenden Klimaprojektionen läuft derzeit bundesweit eine intensive Diskussion hinsichtlich der Modellansätze und der Inter-

Abb. 4: Blick in den Umgehungsstollen im Bauzustand mit verlegter Rohrleitung

Abb. 3: Querschnitt des Umgehungsstollens mit Rohrleitung zur Rohwasserbereitstellung



Quelle (beide): LTV



pretation der Ergebnisse der Untersuchungen zu den Projektionen. Im Diskurs besteht jedoch Einigkeit, dass zukünftig eine Erhöhung der Temperaturen, eine Konzentration der Niederschläge auf die Wintermonate und eine Ausweitung der Trockenzeiten in den Sommermonaten zu erwarten sind.

Auf Basis der vorliegenden Klimaprojektion des sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie wurde die Entwicklung der Leistungsfähigkeit der sächsischen Trinkwassertalsperren untersucht. Es ist vorgesehen, diese Untersuchung fortzuschreiben, wenn entsprechend weitere bzw. aktuellere, für die Untersuchung verwendbare Klimaprojektionen vorliegen.

Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchung wird deutlich, dass grundsätzlich – wenn auch in regional unterschiedlicher Ausprägung – eine Reduzierung der Leistungsfähigkeit zu erwarten ist. Nach einem Abgleich mit den aktuellen Bedarfen werden darauf aufbauend erste vertiefende Untersuchungen an besonders von der Reduzierung betroffenen Talsperren unternommen, um mögliche und realisierbare Maßnahmen zu entwickeln, die diesem Trend entgegenwirken. Ziel der Maßnahmen ist es, die entstehenden Defizite auszugleichen, um die aktuell bestehenden Bedarfe zukünftig abzusichern.

Auf Basis der ermittelten Ergebnisse wurden bereits verschiedene organisatorische Maßnahmen zum Teil auf Veranlassung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Energie und Landwirtschaft sowie in Abstimmung mit der Oberen Wasserbehörde umgesetzt. Ein Beispiel ist die Anpassung der Talsperrenabgabe an die jeweilige Zuflusssituation im Einzugsgebiet der Trinkwassertalsperren in (extremen) Trockenzeiten zur Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung als Teil der Daseinsvorsorge auch unter die wasserrechtlich festgelegte Mindestwasserabgabe. Hierzu werden bei Bedarf entsprechende Anträge bei der Oberen Wasserbehörde

eingereicht, welche entsprechend geprüft und beschieden werden.

Parallel dazu wurden Studien zur Entwicklung von geeigneten baulichen Maßnahmen zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit bei einzelnen Anlagen durchgeführt. Die ermittelten Varianten, welche einen effizienten Ausgleich der Reduzierung der Leistungsfähigkeit erwarten lassen, werden aktuell vertieft betrachtet und sollen dann entsprechend planerisch weiterverfolgt und realisiert werden.

Grundsätzlich kommen aus Sicht der Landestalsperrenverwaltung für die Kompensation der Auswirkungen des Klimawandels und zur Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung (Daseinsvorsorge) insbesondere Maßnahmen in Betracht, die

- eine Anpassung der Anlagen an die zukünftigen Bewirtschaftungsbedingungen,
- eine Dargebotserweiterung durch den Anschluss zusätzlicher Einzugsgebiete,
- eine Flexibilisierung der Rohwasserebereitstellung durch einen Verbund der Talsperren und
- eine Erweiterung der Stauraumkapazitäten

zum Ziel haben. Die bisherigen Untersuchungen zeigen deutlich, dass Maßnahmen zur Dargebotserhöhung (Punkte 2 und 3) die größte Wirksamkeit hinsichtlich der Leistungsfähigkeit entfalten.

Als ein Beispiel wird derzeit eine Überleitung von Wasser aus dem Einzugsgebiet der Freiburger Mulde zur Talsperre Klingenberg planerisch bearbeitet. Die Maßnahme dient dem Anschluss eines zusätzlichen Teileinzugsgebietes, welches derzeit noch nicht für die Talsperrenbewirtschaftung genutzt wird, an die Talsperre. Für den Anschluss ist die Anordnung eines etwa 11 km langen Überleitungstollens erforderlich. Mit den unter Berücksichtigung der Klimaprojektionen prognostizierten Überleitungsmengen kann einer Reduzierung der

Leistungsfähigkeit damit maßgeblich entgegengewirkt werden. Bis zu einer Umsetzung sind eine Vielzahl von Untersuchungen sowie ein entsprechendes Genehmigungsverfahren notwendig, sodass diese Maßnahme erst mittelfristig wirken kann.

Ausblick

Für die weitere Befassung mit dem Thema ist eine intensive Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Untersuchungen zu den Klimaprojektionen erforderlich, da diese die Grundlage für das zukünftige Handeln sind und als ein zentraler Bestandteil der Planrechtfertigung für die künftigen Genehmigungsverfahren bei der Umsetzung dieser Maßnahmen dienen. Hierfür sind – neben den fachlichen und genehmigungsrechtlichen Voruntersuchungen – auch die finanziellen sowie personellen Ressourcen wesentliche Randbedingungen für die planerische Vorbereitung und bauliche Realisierung solcher Maßnahmen. Eine weitere zentrale Rolle kommt den erforderlichen Genehmigungsverfahren und deren fachlicher und rechtlicher Komplexität sowie deren zeitlichem Umfang zu. Von allen genannten Randbedingungen und Voraussetzungen wird es abhängig sein, ob die rechtzeitige Umsetzung der nötigen Maßnahmen gelingen kann. ■

Der Autor

Stephan Schuch ist Fachbereichsleiter bei der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen.

Kontakt:

Stephan Schuch
Landestalsperrenverwaltung des
Freistaates Sachsen
Bahnhofstr. 14
01792 Pirna
Tel.: 03501 796-239
E-Mail: stephan.schuch@ltv.sachsen.de
Internet: www.wasserwirtschaft.sachsen.de

www.dvgw.de

www.energie-wasser-praxis.de

