

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Gräfe, Heinz; Bielitz, Eckehard; Winkler, Ulf

Sächsische Talsperren im Klimawandel – Herausforderungen, Maßnahmen und Strategie

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107537>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Gräfe, Heinz; Bielitz, Eckehard; Winkler, Ulf (2021): Sächsische Talsperren im Klimawandel – Herausforderungen, Maßnahmen und Strategie. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserbau zwischen Hochwasser und Wassermangel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 65. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 107-117.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Sächsische Talsperren im Klimawandel – Herausforderungen, Maßnahmen und Strategie

Heinz Gräfe
Eckehard Bielitz
Ulf Winkler

Die Auswirkungen des Klimawandels sind auch in Sachsen spürbar. Da 40% der sächsischen Trinkwasserversorgung durch Rohwasser aus Talsperren erfolgt, war eine Bewertung der aktuellen Situation notwendig. Generell ist die Dargebotsentwicklung für die sächsischen Talsperren seit 2014 rückläufig. Eine statistische Auswertung der bestehenden Zuflussreihen ergab bei drei Talsperren eine Verringerung der ursprünglichen Abgabeleistung. Der Beitrag zeigt Maßnahmenstrategien auf, mit der dieser Entwicklung begegnet werden soll.

Stichworte: Klimabilanz, Temperaturentwicklung, Abgabeleistung, Zufluss, Maßnahmenstrategie

1 Einführung und Ausgangssituation in Sachsen

Der Zeitraum 2002 bis 2013 war in Sachsen geprägt von Hochwasser insbesondere in den Jahren 2002, 2010 und 2013. Man kann diesen Zeitraum hydrologisch als „nasse Periode“ bezeichnen. Für die LTV lag der Schwerpunkt deshalb auf der Hochwasservorsorge. Trockenheit und Wassermangel waren kein öffentliches Thema. Seit 2014 sind dagegen zunehmend ausgeprägte Trockenperioden zu verzeichnen, die seit 2018 teilweise extrem ausgeprägt sind. Man kann daher hydrologisch von einer trockenen Periode sprechen. Allerdings hat es auch schon in der Vergangenheit ähnliche Trockenperioden gegeben.

2 Klimawandel – Fakten und Information

Die Auswertung der Beobachtung der Lufttemperatur in Sachsen seit 1881 zeigt, dass die Jahre 2018, 2019 und 2020 die wärmsten seit Beginn dieser Messreihe sind. Die letzten 4 aufeinander folgenden Dekaden waren deutlich zu warm. Die Szenarienrechnungen bis in das Jahre 2100 sagen einen weiteren Anstieg der Lufttemperatur voraus. Hier wird beim Szenario „business as usual“ mit einer Erwärmung von ca. 4,5 °K gerechnet, während das moderatere Szenario „Klimaschutz“ von einer Erwärmung bis 2100 von ca. 1,5 °K ausgeht. Bezugsgröße dabei ist der 30 Jahre-Zeitraum von 1961 - 1990.

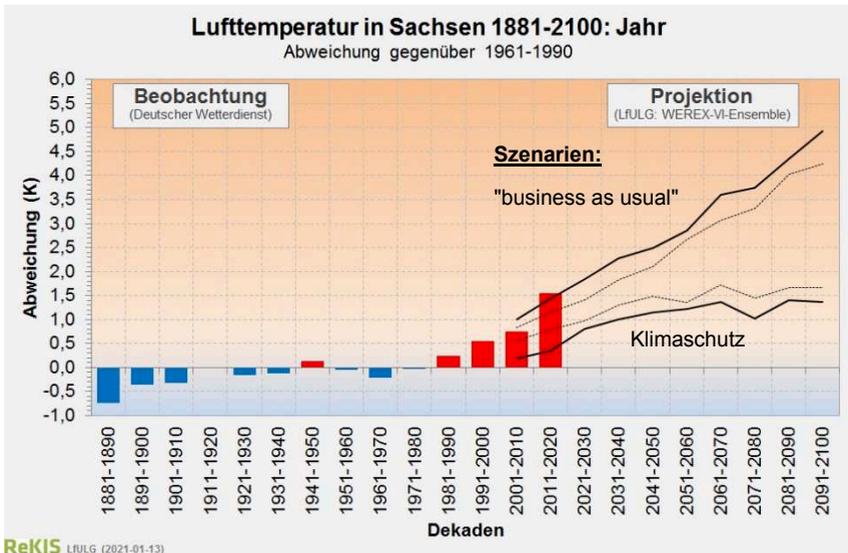


Abbildung 1: Lufttemperaturentwicklung in Sachsen 1981 bis 2100; Quelle: LfULG, 2020

In der Folge der Klimaentwicklung und dieser Temperaturerhöhung ergibt sich auch eine Änderung der klimatischen Wasserbilanz. Diese Bilanz ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung und beschreibt das potentielle Wasserdargebot. Geht man auch hier die üblichen 30 Jahre Schritte vorwärts, verringert sich das Wasserdargebot im Zeitraum 1991 - 2019 im Vergleich zu 1961 bis 1990 um 8%. Betrachtet man nur die letzten zehn Jahre, so ergibt sich eine Verringerung um 58% auf durchschnittlich 57 mm (Abb. 2). Ausgangspunkt waren eine klimatische Wasserbilanz für Sachsen von 142 mm.

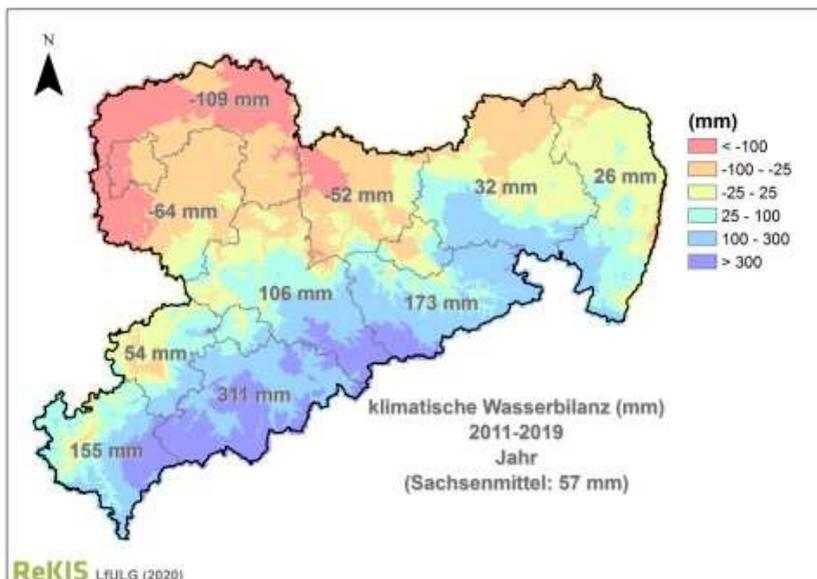


Abbildung 2: Klimatische Wasserbilanz in Sachsen 2011 – 2019; Quelle: LfULG, 2021

Im Ergebnis der in Sachsen durchgeführten Untersuchung (LfULG, 2020) ergibt sich folgendes Bild: Die natürliche Variabilität ist zunehmend von einem Erwärmungstrend überlagert mit den entsprechenden komplexen Auswirkungen. Es besteht auch ein erhöhtes Risiko im Auftreten witterungsbedingter Extreme. Die Änderung in Temperatur- und Niederschlagsregime begünstigen zunehmend den Aufbau bzw. die zeitliche Ausdehnung von Trockenheit. Hierbei treten längerfristige Niederschlagsdefizite und kurzfristige Überschüsse gleichzeitig auf. Die vermehrt auftretenden hohen Temperaturen verstärken die Wirkung eines Niederschlagsdefizites. Gleichzeitig schreitet die gemessene Temperaturentwicklung im Vergleich zur projizierten Entwicklung schneller voran.

2.1 Auswirkungen des Klimawandels auf die sächsischen Talsperren

Vor dem Hintergrund dieser Klimaentwicklung hat die LTV Sachsen die Auswirkungen auf ihre 23 Trinkwassertalsperren untersucht. Eine Auswertung der Zuflussdaten des Talsperrensystems Klingenberg/Lehmühle, das die Wasserversorgung des Großraums Dresden sicherstellt, zeigt deutlich, dass der Zufluss zum System in den Jahren nach dem Hochwasser 2013 in den Sommermonaten zwischen April und September

weit hinter dem mittleren Zufluss zurückbleibt. Ausreißer ist dabei lediglich das Jahr 2014 (Abb. 3).

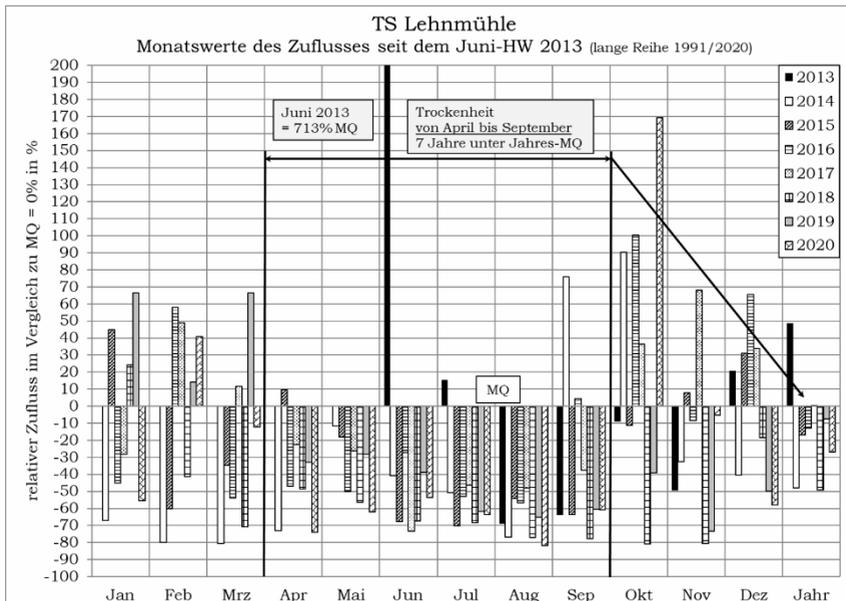


Abbildung 3: Talsperrensystem Klingenberg/Lehnmühle – Monatswerte des Zuflusses seit dem Juni – HW 2013

Betrachtet man die Talsperre Klingenberg hinsichtlich der Zuflussreihen ab dem Jahr 1915 bis heute, erkennt man zusätzlich, dass eine Verschiebung des jährlichen Zuflussmaxima in das zeitige Frühjahr zu verzeichnen ist. Insgesamt zeigt sich aber auch, dass auf den ganzen Jahreszeitraum betrachtet die Entwicklung der Zuflussunterschiede sich „nur“ im einstelligen Prozentbereich bewegen (Abb. 4).

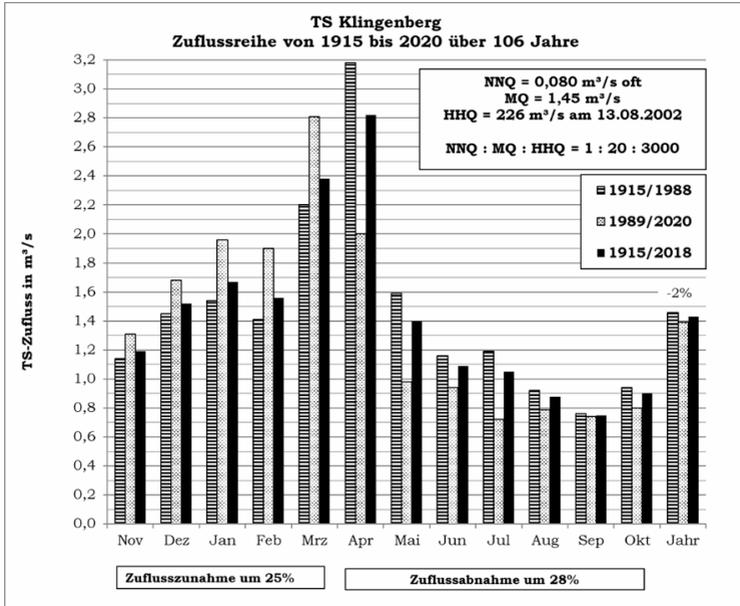


Abbildung 4: Talsperre Klingenberg Zuflussreihe von 1915 – 2020

Dieser grundsätzliche Trend ist in allen sächsischen Talsperren unterschiedlich stark zu verzeichnen, wobei die letzten drei Jahre von besonderer Trockenheit geprägt sind. Diese Dynamik der letzten drei Jahre skizziert auch *Abb. 5*, in der die Entwicklung der Betriebsraumfüllung von 2018 - Januar 2021 der Talsperren Eibenstock, Bautzen und dem Talsperrensystem Klingenberg/Lehnmühle dargestellt wird. Es ist deutlich erkennbar, dass der milde Winter 2019/2020 und das entsprechende Niederschlagsdefizit dazu beigetragen haben, dass insbesondere die Talsperren Klingenberg/Lehnmühle und Bautzen mengenmäßig eingeschränkt in das Betriebsjahr 2020 starteten.

Ein Vergleich der Trockenzeiten der vergangenen Jahre zeigt allerdings, dass eine Trockenperiode wie in den vergangenen Jahren auch schon in den sechziger Jahren zu verzeichnen war. *Abb. 6* visualisiert einen Vergleich der bisher aufgezeichneten Trockenzeiträume bis heute. Die bisher längste gemessene Trockenperiode des Talsperrensystems Klingenberg/Lehnmühle war der Zeitraum Juni 1962 – Oktober 1964.

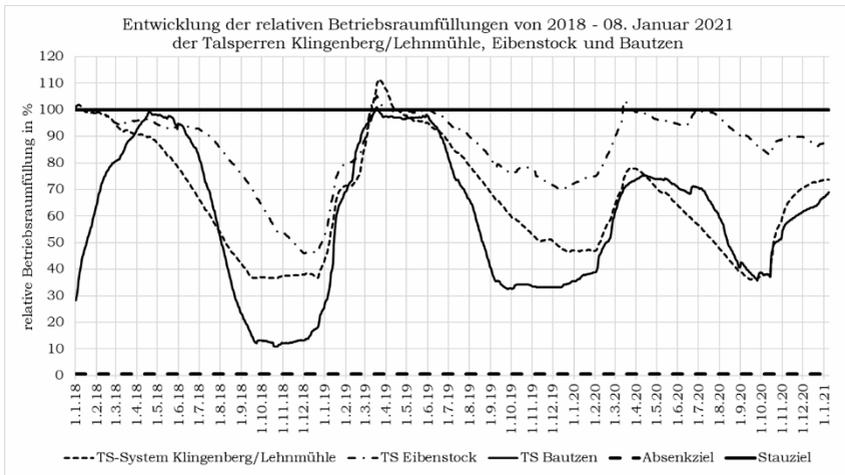


Abbildung 5: Entwicklung der relativen Betriebsraumfüllung von 2018 – 2021

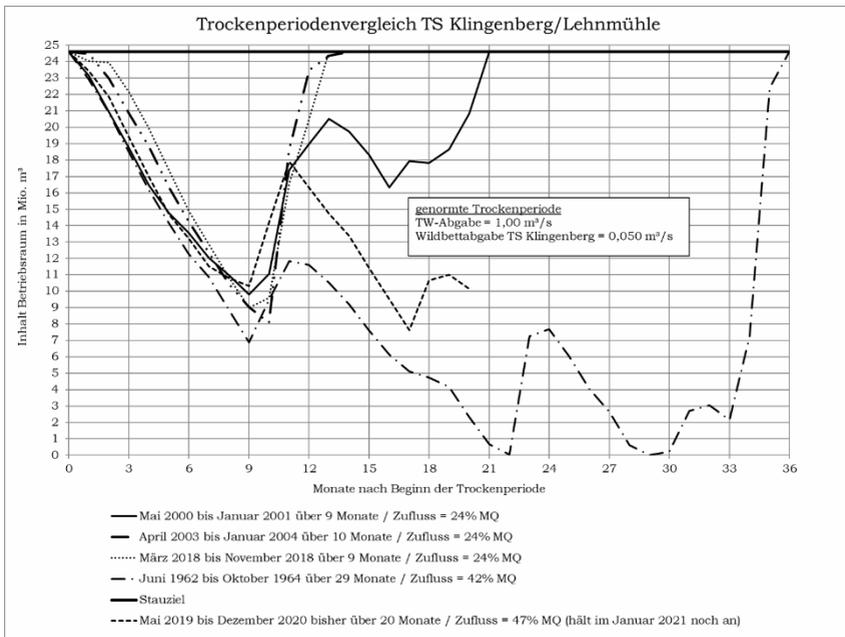


Abbildung 6: Trockenperiodenvergleich Talsperre Klingenberg/Lehnmühle 1962 - 2020

Die aktuelle Trockenperiode seit Mai 2019 hält bis heute an. Vor diesem Hintergrund lag es nahe, zumindest die Abgabeleistung der sächsischen Trinkwassertalsperren zu überprüfen. Dazu wurden aufbauend auf den vorhandenen langjährigen Messreihen mit statistischen Methoden künstliche 10.000-jährige Talsperren-Zuflussreihen generiert, um den Einfluss der Klimaentwicklung auf die Leistungsfähigkeit zu untersuchen (WASY 2001). Als Bezugswerte wurden dabei die Daten des jeweiligen Wasserwirtschaftsplanes, die längste verfügbare Zeitreihe und als Stabilitätstest die verkürzte Zeitreihe der letzten 30 Jahre genutzt. Im Ergebnis werden die aktuellen Abgabeleistungen überwiegend bestätigt. Allerdings besteht eine leichte Tendenz zur Verringerung der Abgabeleistungen. Lediglich die Talsperren Altenberg, Werda und Cranzahl weichen mehr als 10% von ihrer bisherigen Leistung ab, wobei die Talsperre Cranzahl mit einer Abweichung von 21% am deutlichsten von Zufluss-Änderungen betroffen zu sein scheint. Dies wird in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Überprüfung der Abgabeleistung sächsischer Talsperren

Talsperre(n)	Verringerung*	Einschätzung
Sosa Eibenstock Dröda Klingenberg + Lehmühle + Rauschenbach Saidenbach + Neunzehnhain I, II + Einsiedel Gottleuba	unter 5 %	Zunächst keine Neuberechnung . Nächste Überprüfung: In 2 Jahren.
Muldenberg Lichtenberg Stollberg	5 bis 10 %	Zunächst keine Neuberechnung . Nächste Überprüfung: In 1 Jahr.
Altenberg Werda Carlsfeld	13% 13% 16%**	Wird Neuberechnet.
Cranzahl	21%	Wurde zuvor bereits Neuberechnet.

*Maximale Verringerung: Vergleich der Zeiträume: WWP zur Längsten Reihe und WWP zu den letzten 30 Jahren

**Änderung u.a. aufgrund der Gütesteuerung: Neues Vorbecken leitet huminstoffbelastetes Wasser vorbei.

Um die Stabilität und Sensibilität der Aussage zu untermauern, wurden in einem weiteren Schritt die Abgabeleistungen aller Talsperren in Fünfjahres-schritten relativ zum Zeitraum 1960 - 2020 untersucht. Ziel dieser Methodik war es, die Entwicklung der Leistungsfähigkeit der Talsperre für Rohwasserabgaben in Abhängigkeit der genutzten Beobachtungsreihenlänge zu untersuchen (Abb. 7). Es ist leicht erkennbar, dass eine Verkürzung der Messreihen und eine Vernachlässigung der Trockenperiode vor 1970 dazu führen würde, dass die Abgabeleistung eines großen Teiles der Talsperren rechnerisch sogar steigt. Die Trockenperiode der sechziger Jahre wirkt sich offensichtlich gegenwärtig auf die Talsperren-Leistungsfähigkeiten noch

stärker aus als die aktuelle Trockenheit seit dem Jahr 2014. Dieser Umstand wird aus dem Leistungsfähigkeitsvergleich anhand der Zeitreihen 1960/2020 mit 1991/2020 deutlich. Die weitere Entwicklung ist natürlich aktuell noch offen und bedarf der weiteren Überprüfung in der Zukunft.

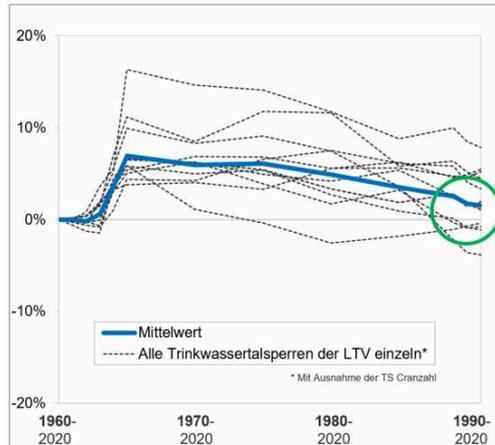


Abbildung 7: Abgabeleistung sächsischer Talsperren zum Zeitraum 1960 - 2020

Neben den Auswirkungen des Klimawandels auf das Dargebot und damit auf die Abgabeleistung einer Talsperre beeinträchtigt diese Entwicklung auch die Wasserbeschaffenheit einer Talsperre. Kommt es beispielsweise im Winterhalbjahr zu Temperaturanomalien wird das thermische Schichtungsverhalten und damit die Gewässergüte einer Talsperre nachhaltig beeinflusst. Außerdem bestehen aufgrund der geringeren Talsperreninhalte, die ggf. auch freiliegende Ufer bedingen, weniger Bewirtschaftungsmöglichkeiten und die erhöhten Wassertemperaturen erhöhen gleichzeitig die Gefahr des Auftretens coliformer Bakterien. Zusätzlich begünstigt der geringere Durchsatz über Grund Manganrücklösungsprozesse und erhöht die Gefahr von Trübungseinträgen. In der Folge dieser Einflüsse steigt damit der Aufwand im jeweiligen Wasserwerk.

Zusammenfassend ergibt sich also ein ganzes Bündel von Auswirkungen auf die Talsperren:

- ◀ innerjährlich stärker variierende Zuflüsse,
- ◀ ausgeprägte innerjährliche Stauinhalts- und Stauspiegelschwankungen,

- ◀ Zuflüsse in Folge sommerlicher Starkniederschläge oft mit hoher Sedimentfracht und entsprechender Trübung,
- ◀ Zunahme des Risikos von Trübungseinträgen in Folge frei liegender Uferbereiche im Sommer,
- ◀ erhöhte Wassertemperaturen insbesondere im Sommerhalbjahr,
- ◀ zeitiger Beginn des Eisaufbruches,
- ◀ zeitiger Beginn sowie längere Dauer der Sommerstagnation, damit verbundene Güteproblematiken.

3 Maßnahmen und Strategien

Vor dem Hintergrund der skizzierten Randbedingungen, wobei das sinkende Dargebotsangebot der stärkste Treiber einer Maßnahmenkonzeption ist, ergeben sich folgende grundsätzliche Handlungsoptionen:

- ◀ Nutzung noch verfügbarer Bilanzmengen (in vorhandenen Talsperren),
- ◀ Wasser sparen = Wasserabgabe aus Talsperren verringern (Öfentlichkeitsarbeit erforderlich),
- ◀ Nutzung des Stauinhaltes, ggf. temporär reagieren durch flexible Bewirtschaftung (ohne Verringerung der Hochwasserschutzwirkung im Unterlauf),
- ◀ Erhöhung/Flexibilisierung des Rohwasserdargebotes im Zufluss,
- ◀ dauerhafte Vergrößerung des Stauraumes vorhandener Talsperren,
- ◀ Umnutzung von Stauanlagen, z. B. „grüne“ Hochwasserrückhaltebecken mit Betriebsräumen versehen,
- ◀ Neubau von Stauanlagen.

Zur Sicherung der Rohwasserbereitstellung für Trinkwasser bei Trockenheit wurde in Sachsen der Weg gewählt, der Trinkwasserversorgung Vorrang gegenüber allen anderen Nutzungen einzuräumen (SMEKUL, 2020). Damit sind Abweichungen von der Regelbewirtschaftung nach Wasserrecht und Wasserwirtschaftsplan zu Gunsten der Sicherung der Trinkwasserversorgung möglich. In der praktischen Umsetzung bedeutet dies, dass in Situationen, in denen der Zufluss kleiner ist als der gesetzlich festgelegte Abfluss, die Talsperrenabgabe gleich dem Zufluss gefahren werden kann ($Q_{Ab}=Q_{Zu}$). Zusätzlich muss gegenüber der Vollzugsbehörde die Alternativlosigkeit dieser Maßnahme beim Wasserversorger dargelegt werden.

Die Untersuchung der meteorologischen Randbedingungen der sächsischen Talsperren hat ergeben, dass sich die niederschlagsergiebigen Zeiträume auf wenige Monate konzentrieren und gleichzeitig eine Verschiebung der Zuflüsse in das jeweilige Frühjahr zu konstatieren ist. Deshalb wurde untersucht, inwieweit ein jahreszeitlich befristeter teilweiser Einstau des gewöhnlichen Rückhalteraumes I_{GHR} für eine flexiblere Steuerung genutzt werden könnte. Hierzu wurden die Größe und Charakteristik des Einzugsgebietes, die Vorwarnzeit, die Größe der Vorentlastung, die Situation im Unterlauf sowie die Hochwassersicherheit analysiert. Außerdem ist die Hochwassersicherheit der Talsperre nach DIN 19700 zu gewährleisten. Im Ergebnis sind in Sachsen für sechs Talsperren solche flexiblen Einstaugeme möglich. Die Wirkung ist allerdings relativ begrenzt, da sich die Erhöhung der Leistungsfähigkeit in einem Korridor zwischen 5-15 l/s bewegt. Weitere Voraussetzungen sind ausreichend große Zuflüsse, um einen entsprechenden Inhalt auch erreichen zu können.

Als wesentliches Maßnahmenpaket zur Stabilisierung des Rohwasserdargebotes für die sächsischen Talsperren erweisen sich allerdings folgende Kernpunkte. Zum einen ist der Ausbau/Erweiterung des Talsperrenverbundsystems (Neubau Überleitung) zur bedarfsgerechten Flexibilisierung der Rohwasserbereitstellung im bestehenden Talsperrensystem notwendig. Zum anderen ist eine Erhöhung des Zuflussdargebotes durch Einbindung zusätzlicher Einzugsgebiete sinnvoll. Nicht zuletzt müssen die Maßnahmen an die zukünftige Bedarfsentwicklung angepasst werden und dabei auch die Effekte des Klimawandels (Leistungsverluste) berücksichtigen.

4 Fazit

Vor dem Hintergrund der oft unterschiedlichen Zuständigkeiten von Rohwasserversorgern, Fernwasserversorgern und kommunalen Endversorgern ist eine gemeinsame Strategie erforderlich, um Maßnahmen dort zu konzentrieren, wo sie fachlich und wirtschaftlich am sinnvollsten wirken können. Der Beitrag von Forschung und Wissenschaft hinsichtlich Klimaentwicklung, Vorhersagegenauigkeit und Gütesteuerung ist dabei essentiell.

5 Literatur

- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2020):
Regionale Klimaprojektionen für Sachsen; Schriftreihe,
Heft 3/2020
- Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2021):
Regionales Klimainformationssystem ReKIS – Zentrale IT-Plattform für
Klimainformation für Mitteldeutschland (1/2021)
- Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirt-
schaft (2020): Erlass zur Rohwasserbereitstellung aus Talsperren zur
öffentlichen Trinkwasserversorgung Handlungsvorgabe bei Extrem-
trockenwetter (27.02.2020)
- WASY (2001): Programmsystem SIKO/SIMO zur statistischen Analyse und Simu-
lation von hydrologischen und meteorologischen Prozessen, Version
3.1; DHI-WASY GmbH

Autoren:

Heinz Gräfe

Landestalsperrenverwaltung des
Freistaates Sachsen
Bahnhofstraße 14
01796 Pirna

Tel.: +49 3501 796-446

Fax: +49 3501 446 109

E-Mail:

Heinz.graefe@ltv.sachsen.de

Ulf Winkler

Eckehard Bielitz

Landestalsperrenverwaltung des
Freistaates Sachsen
Bahnhofstraße 14
01796 Pirna

Tel.: +49 3501 796-446

Fax: +49 3501 446 109

E-Mail:

Ulf.winkler@ltv.sachsen.de

Eckehard.bielitz@ltv.sachsen.de