Sind die Stauseen im Oberhasli als Multifunktionsspeicher geeignet?

Autor(en): **Mani, Peter / Monney, Judith / Wehren, Bernhard**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **110 (2018)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941582

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Sind die Stauseen im Oberhasli als Multifunktionsspeicher geeignet?

Peter Mani, Judith Monney, Bernhard Wehren, Benno Schwegler

Zusammenfassung

Mit einer quantitativen Analyse wurde das Potenzial der Stauseen der Kraftwerke Oberhasli (KWO) zum Einsatz als Multifunktionsspeicher ermittelt. Als weitere Funktionen neben der Stromproduktion wurden der Hochwasserschutz und die Verminderung der Auswirkungen von Trockenperioden betrachtet. Dabei wurden die Auswirkungen des Klimawandels in den Betrachtungen berücksichtigt.

Bezogen auf die Hochwassergefährdung, bewirkt der Wasserrückhalt in den Speicherseen der KWO eine bedeutende Reduktion der Hochwassergefährdung im Gebiet Meiringen-Brienzwiler. Dazu gehört eine Speicherreserve Ende Sommer, wie sie in der heutigen Bewirtschaftung üblich ist.

Unterhalb von Brienzer- und Thunersee ist die Pufferung durch diese beiden Seen von viel grösserer Bedeutung als der Rückhalt in den Speicherseen. Durch den Klimawandel dürften die Zuflüsse zu den Speicherseen im Ereignisfall nur unwesentlich zunehmen, da die höheren Niederschlagsmengen durch weniger Wasser aus der Gletscherschmelze kompensiert werden.

Während heute in sommerlichen Trocken- bzw. Hitzeperioden die Abflüsse aus den vergletscherten Gebieten zunehmen, dürften diese gemäss Klimaszenarien Ende des Jahrhunderts stark zurückgehen. Das gesamte in den Stauseen (inkl. des geplanten Triftstausees) gespeicherte Wasservolumen würde ausreichen, um das auftretende Defizit bis zur Mündung der Aare in den Brienzersee für ein Jahr zu kompensieren. Allerdings müsste die Bewirtschaftung der Speicherseen ausschliesslich auf das Trockenheitsmanagement ausgelegt werden. Bezogen auf das Seeland, den Hotspot bezüglich Trockenheit im Kanton Bern, reicht das im Oberhasli gespeicherte Wasser jedoch bei Weitem nicht aus, um das Defizit auszugleichen.

1. Ziel der Studie

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel werden wesentliche Veränderungen im Wasserhaushalt erwartet (vgl. beispielsweise [1]). Dies erfordert entsprechende Anpassungsmassnahmen. In der Strategie des Bundesrates zur Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz [2] wird u. a. im Kapitel «Wasserwirtschaft» in der Massnahme w4 gefordert, dass das Potenzial zum Wasserrückhalt in natürlichen und künstlichen Speichern im Hinblick auf Wasserknappheit und Hochwasserschutz zu untersuchen sei. Diese Massnahme findet sich auch in der Wasserstrategie des Kantons Bern. Mit der Studie «Multifunktionsspeicher im Oberhasli» [3] wird diese Forderung aufgenommen. Ziel der durchgeführten Studie ist es, die Möglichkeiten und Grenzen einer Bewirtschaftung der Speicherseen der KWO im Oberhasli als Multifunktionsspeicher im Hinblick auf Hochwasser und Trockenheit unter Berücksichtigung des Klimawandels aufzuzeigen. Im Speziellen sollten die beiden folgende Fragen beantwortet werden:

- Welchen Beitrag können Multifunktionsspeicher zur Verbesserung der Hochwassersicherheit der unterliegenden Gebiete leisten?
- Welchen Beitrag können im Kanton Bern Multifunktionsspeicher zur Lösung von Trockenheitsproblemen leisten, die im Zusammenhang mit dem Klimawandel vermehrt zu erwarten sind?

Diese Fragestellungen sollen für drei unterschiedliche Konfigurationen untersucht werden:

- Konfiguration 1: ohne die Speicherseen der KWO
- Konfiguration 2: mit der heutigen Kraftwerksinfrastruktur der KWO
- Konfiguration 3: mit der heutigen Kraftwerksinfrastruktur, ergänzt durch den geplanten Triftstausee

Die Analyse soll quantitative Angaben sowohl für die heutigen hydrologi-

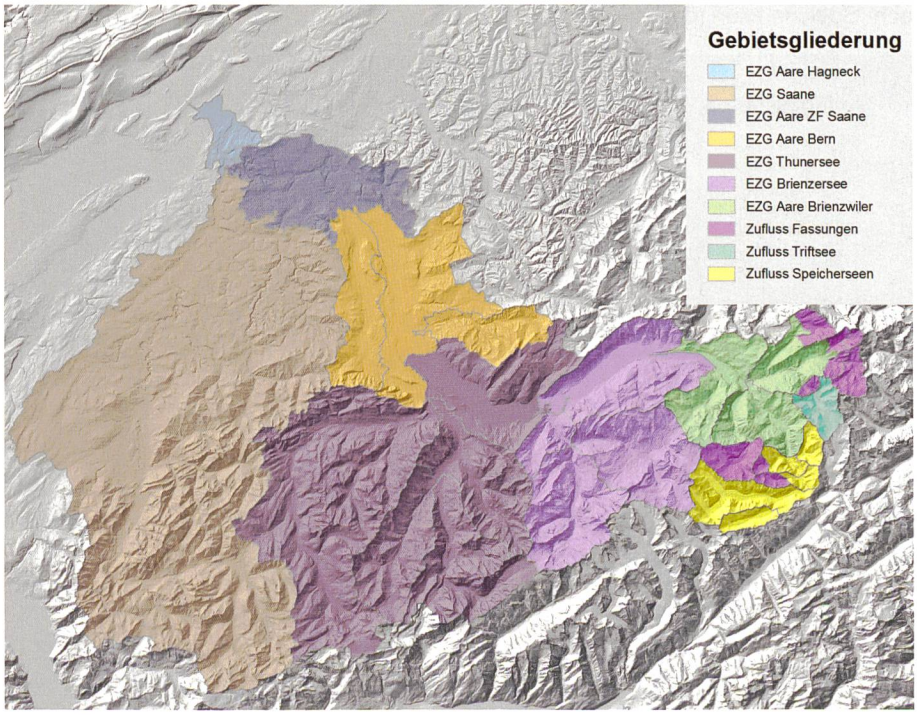

Bild 1. Übersicht über das Untersuchungsgebiet.

schen Verhältnisse als auch für definierte Klimaszenarien liefern. Die Resultate aus den verschiedenen Analysen sollen dem Kanton Bern als Grundlage zur Festlegung allfälliger Handlungsoptionen dienen.

2. Gebietsübersicht

Das Untersuchungsgebiet der Studie umfasst das Einzugsgebiet der Aare bis zum Kraftwerk Hagneck (Abflussmessstation Aare-Hagneck) mit insgesamt rund 5000 km². Darin enthalten sind sowohl die Einzugsgebiete, die von der KWO bewirtschaftet werden, als auch Gebiete, die potenziell von der Bewirtschaftung durch die KWO beeinflusst sein könnten. Unterhalb des Bielersees ist der Einfluss der Bewirtschaftung durch die KWO vernachlässigbar.

In *Bild 1* ist das Untersuchungsgebiet in verschiedene Kategorien unterteilt. Zuoberst im Oberhasli befinden sich die Zuflussgebiete zu den Speicherseen und die Fassungen der KWO. Daran schliessen die weiteren Einzugsgebiete bis Aare Hagneck an. Bezogen auf das ganze Untersuchungsgebiet, beträgt der Flächenanteil der direkten Zuflussgebiete zu den heutigen Speicherseen der KWO insgesamt 2.7 %. Wird der geplante Triftsee dazugerechnet, beträgt der Flächenanteil 3.4 %. Daraus wird ersichtlich, wie klein der Flächenanteil der durch die KWO bewirtschafteten Einzugsgebiete am gesamten Untersuchungsgebiet ist.

3. Kurzbeschreibung KWO

Seit der Gründung der KWO im Jahre 1925 ist in mehreren Bauetappen ein komplexes Kraftwerkssystem entstanden: Heute sind acht Speicherseen (davon ein natürlicher See) und zehn Kraftwerke mit 160 km Stollen, Hunderten von Kilometern Rohrleitungen, Strassen und Seilbahnen miteinander verbunden (vgl. *Bild 2*). Reichliche Niederschläge, grosse Geländekammern, stabiler Granituntergrund sowie grosse Höhenunterschiede auf kurzer Distanz bilden ideale Voraussetzungen für diese grossen Kraftwerksanlagen.

Als Folge der klimatischen Veränderungen hat sich der Triftgletscher in den letzten Jahren stark zurückgezogen. Die dadurch freigelegte Geländekammer eignet sich in verschiedener Hinsicht bestens für einen neuen Stausee. Mit einem Volumen von rund 85 Mio. m³ wäre der Triftsee annähernd gleich gross wie der Grimselsee (vgl. *Tabelle 1*). Durch diesen geplanten Speichersee würde eine weitere saisonale Umlagerung des natürlich zufliessenden Wassers ermöglicht.

Seen	Nutzinhalt in mio. m³	Energieinhalt in GWh	Seehöhe in müM.
Trübtensee	1	4	2365
Totensee	2	6	2160
Oberaarsee	57	210	2303
Grimselsee	94	263	1909
Gelmersee	13	35	1850
Mattenalpsee	2	6	1875
Räterichsbodensee	25	63	1767
Engstlensee (natürlich)	1	3	1851
Total	**195**	**590**	
Triftsee (Projekt)	*85*	*215*	*1767*

Tabelle 1. Speicherseen der KWO.

4. Lösungsansatz

Für die Analyse wurde das Aare-Modell von geo7 verwendet. Dieses hydrologische Modell (semi-distributed) wurde im Frühling 1999 für die Zuflussprognose zum Thunersee entwickelt [10] und später in weiteren Arbeiten, beispielsweise in der Studie «Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare» [4] eingesetzt. Mit diesem Modell werden die hydrologischen Prozesse in den Teileinzugsgebieten differenziert in 200-Meter-Höhenstufen abgebildet. Folgende Teilmodelle sind enthalten:

- Niederschlag: Die Aufteilung in Flüssigniederschlag und Schnee erfolgt mittels eines Temperaturschwellenwert.
- Schneedecke: Das Schneedeckenmodell basiert auf dem von *Anderson* [11] beschriebenen und in verschiedenen Gebieten der Schweiz erfolgreich angewendeten erweiterten Taggradansatz.

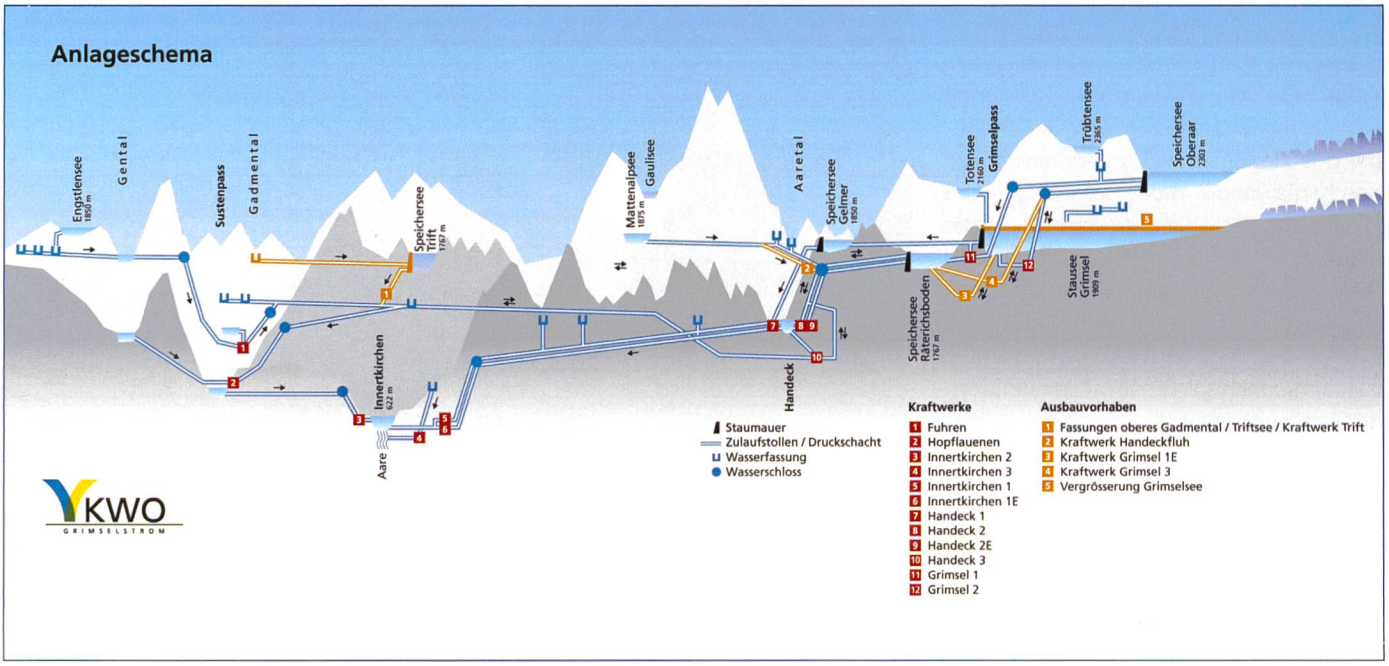

Bild 2. Anlagenschema KWO, inkl. Kraftwerk und Stausee Trift.

- Abflussbildung: Das Wasserdargebot wird mittels zweier Einzellinearspeichern (schnell und langsam) in den Abfluss umgewandelt.
- Gerinne: Der Abfluss im Gerinne wird als Einzellinearspeicher mit limitierter Kapazität abgebildet. Wird die Gerinnekapazität überschritten, fliesst das Wasser in den Retentionsspeicher mit verzögertem Rückfluss ins Gerinne.

Für die vorliegende Analyse musste das Modell mit folgenden Komponenten erweitert werden:

- Gletscherschmelze: Das Modell basiert auf einem einfachen Grad-Tag-Ansatz.
- Seespeicher und Wasserfassungen: Die Kraftwerkselemente werden, basierend auf den technischen Grundlagen der KWO, abgebildet.

Das Modell ermöglicht die Simulation von Klimaszenarien, wobei die zehn Modellketten aus den Kilmaszenarien CH2011 [5] einzeln simuliert wurden. Dadurch konnten auch Aussagen zur Unsicherheit in den Klimaszenarien gemacht werden. Für die Simulation der Hochwasserereignisse wurde eine zeitliche Auflösung von einer Stunde verwendet. Die Langzeitsimulation, welche Aussagen bezüglich des Wassermanagements während Trockenperioden liefert, wurde jeweils für Perioden von 30 Jahren in Tagesschritten simuliert. Um die Rechenzeit zu optimieren, wurde dazu die Kraftwerksinfrastruktur vereinfacht abgebildet.

Vor den eigentlichen Simulationen wurden umfassende Kalibrierungsarbeiten durchgeführt. Für die Kalibrierung des Wasserdargebots aus Schnee- und Gletscherschmelze wurden detaillierte Simulationen der VAW [6] verwendet, welche im Auftrag der KWO für das Sustengebiet durchgeführt wurden. Da vergleichbare Simulationen für das Grimselgebiet fehlten, wurden die Gletscherrückzugsszenarien verwendet, die am Geografischen Institut der Universität Zürich [7] berechnet wurden. Die simulierten Zuflüsse zu den Speicherseen und zu den Fassungen wurden mit den gemessenen und berechneten Werten aus dem KWO-Bericht «Wasserhaushalt der KWO 1997–2009» [8] verglichen.

5. Modellierung der Auswirkungen im Hochwasserfall

Die Auswirkungen der KWO-Infrastruktur auf die Hochwassersicherheit wurden einerseits für den Bereich der Aare zwischen Meiringen und Brienzwiler untersucht, andererseits für das durch den Abfluss der Aare beeinflusste Gebiet unterhalb des Thunersees. Grundlage für die Simulation der Hochwasserszenarien bildete das Hochwasserereignis vom August 2005. Hierbei handelt es sich um das grösste Ereignis im Untersuchungsgebiet, welches mit Messwerten dokumentiert ist. Für das Klimaszenario 2085 wurde der Niederschlag vom August 2005 um 12 % erhöht [9]. Die Abschätzung der Effekte der Kraftwerksinfrastruktur auf den Verlauf des Hochwassers erfolgte anhand dreier unterschiedlicher Konfigurationen:

- Konfiguration 1: ohne Speicherseen der KWO
- Konfiguration 2: mit heutigen Speicherseen der KWO
  (2a: mit niedrigem Füllstand wie im Jahr 2005, 2b: mit normalem Füllstand Ende August)
- Konfiguration 3: mit heutigen Speicherseen der KWO und zusätzlichem Triftsee

Bei den Berechnungen wurde berücksichtigt, dass die Fassungen im Hochwasserfall geöffnet werden, damit die Feststofffracht durchgeleitet werden kann und nicht in die Stollen gelangt.

Modelliert wurden die Abflüsse für die Aare in Brienzwiler für die beiden Szenarien (2005, 2085) jeweils in Kombination mit den drei oben beschriebenen Konfigurationen. Aus dem Vergleich der Simulationen geht hervor, dass die Abflussspitzen bei allen Konfigurationen im Szenario 2085 gegenüber denjenigen im Szenario 2005 um rund 25 % grösser ausfallen (vgl. *Bild 3* und *Tabelle 2*). Der Vergleich der Simulationen der drei Konfigurationen zeigt auch die dämpfende Wirkung der Stauseen der KWO auf die Hochwasserspitzen. Ohne Speicherseen wäre die Hochwasserspitze im August 2005 um 90 m^3/s (bzw. 18 %) höher ausgefallen. Mit dem Triftsee würde die Abflussspitze zusätzlich um 35 m^3/s reduziert, da der direkte Zufluss zum geplanten Triftsee zurückgehalten würde. Die Berechnungen zeigen im Übrigen, dass – gegenüber einem normalen Füllstand in dieser Jahreszeit – die im August 2005 wegen Bauarbeiten ausserordentlich tiefen Seestände der Speicherseen keine zusätzliche Dämpfung des Abflusses in Brienzwiler bewirkten (die roten gestrichelten Kurven für die Konfigurationen 2a und 2b in *Bild 3* überlagern sich).

Gross sind die Auswirkungen der Stauseen auch beim Austrittsvolumen,

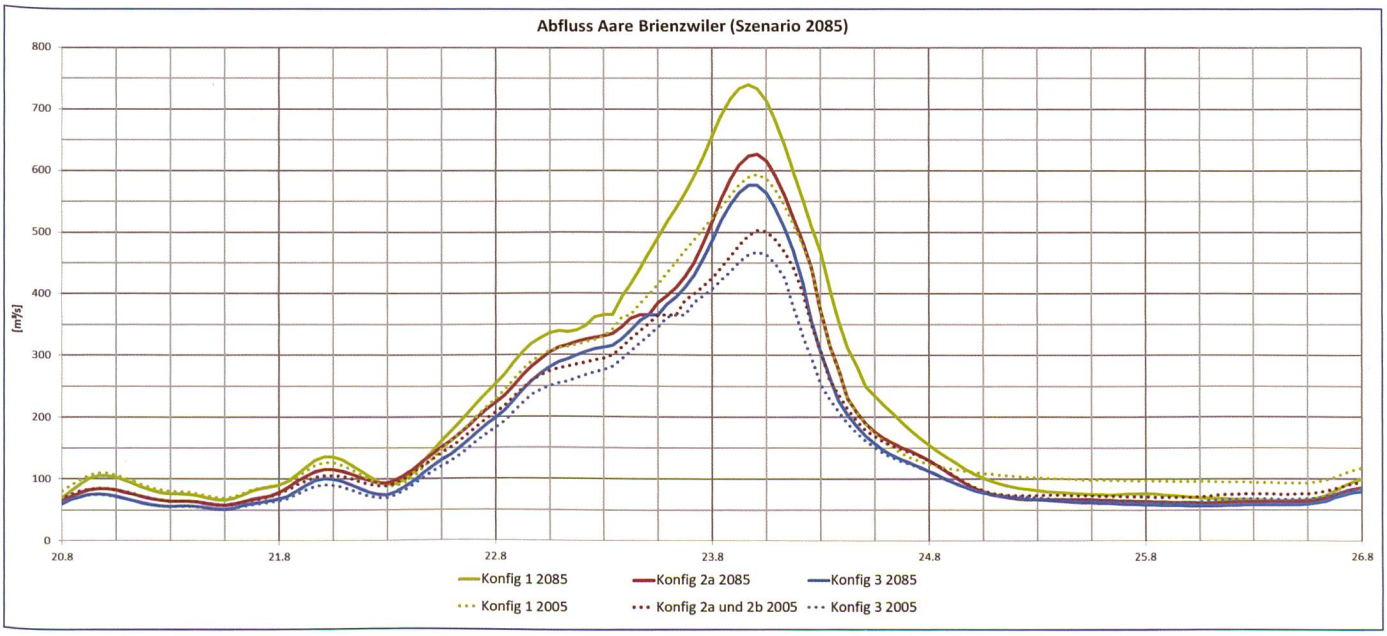

Bild 3. Hochwasserabflussganglinien für Szenario 2005 und Szenario 2085: Konfig 1: ohne KWO Speicherseen, Konfig 2: mit vorhandenen KWO-Speicherseen, Konfig 3: mit vorhandenen Stauseen plus Triftsee.

	Abflussspitze in m³/s		Abflussmenge in Mio. m³		Austrittsvolumen in Mio. m³	
	Szenario 2085	Szenario 2005	Szenario 2085	Szenario 2005	Szenario 2085	Szenario 2005
Konfig 1: ohne KWO	739	593	94.783	82.756	18.932	10.368
Konfig 2: mit KWO	626	503	80.020	71.561	10.240	4.682
Konfig 3: mit KWO und zusätzlich mit Triftstausee	576	468	72.860	65.006	7.633	3.089

Tabelle 2. Hochwasserabflüsse der Aare in Brienzwiler bzw. Austrittsvolumen aus dem Gerinne der Aare zwischen Meiringen und Brienzwiler.

also bei der Wassermenge, die infolge ungenügender Gerinnekapazität aus dem Gerinne austritt. Im Szenario 2005 wäre dieses Austrittsvolumen ohne die dämpfende Wirkung der Speicherseen gut doppelt so hoch ausgefallen. Mit dem Rückhalt im Triftsee wäre das Austrittsvolumen zusätzlich um ein Drittel reduziert worden. Im Szenario 2085 sind die Austrittsvolumen bei jeweils gleicher Konfiguration immer ungefähr doppelt so gross. Das Austrittsvolumen ist die relevante Grösse für die Berechnung der Überflutungstiefe bzw. des Schadenpotenzials im Gebiet zwischen Meiringen und Brienzwiler. Das Schadenpotenzial beträgt im Szenario 2005 bei der Konfiguration 2 ca. 350 Mio. CHF. Ohne den Effekt der Speicherseen läge der Wert bei 1070 Mio. CHF, mit dem zusätzlichen Triftsee bei gut 200 Mio. CHF. Grund für diese grossen Unterschiede ist, dass die Überflutungstiefe stark vom ausgetretenen Wasservolumen abhängt. Für das Szenario 2085 wurden keine Berechnungen des Schadenpotenzials vorgenommen, da dies auch ein Szenario für die Entwicklung der Siedlungen und Infrastrukturen bedingen würde.

Für die Beurteilung, welche Auswirkungen der Wasserrückhalt in den Speicherseen der KWO auf die Gebiete unterhalb des Thunersees hat, wurde sowohl beim Thuner- als auch beim Brienzersee von einem mittleren Seestand für den August ausgegangen. Für die wichtigsten Zuflüsse zu den beiden Seen (Lütschine, Simme und Kander) wurde der mittlere Monatsabfluss für den August angenommen. So konnte die dämpfende Wirkung der Seen auf den Abfluss der Aare unterhalb Thun isoliert analysiert werden.

Die Simulationen zeigen die stark dämpfende Wirkung von Brienzer- und Thunersee. Gemäss Szenario 2005 wird in der Konfiguration 2a die Zunahme des Abflusses während eines Hochwasserereignisses in der Aare Brienzwiler von 400 m³/s (von 100 auf 500 m³/s) nach dem Brienzersee auf ca. 130 m³/s (von 100 auf 230 m³/s) reduziert (*Bild 4*). Der Thunersee bewirkt eine weitere Dämpfung, die Zunahme des Ausflusses beträgt während eines Hochwasserereignisses noch 120 m³/s (von 150 auf 270 m³/s), dies unter Annahme eines konstanten Zuflusses aus der Kander. Der Seespiegel steigt in der Konfiguration 2a im Brienzersee um ungefähr 1 m an, im Thunersee noch um 14 cm. Diese Werte zeigen, dass die dämpfende Wirkung von Thuner- und Brienzersee deutlich grösser ist als die Wirkung der Speicherseen der KWO.

6. Modellierung der Auswirkungen während Trockenperioden

Die Jahre 2003 und 2015 zeichneten sich im Untersuchungsgebiet – wie in weiten Teilen der Schweiz – durch ausserordentliche Trockenheit aus. Die Auswertung der Niederschläge an den vier Stationen Grimsel Hospiz, Meiringen, Thun und Aarberg zeigen, dass im Jahr 2003 vom Winter bis in den Sommer im Vergleich zum 30-jährigen Mittel zeitweise Defizite von mehr als 50 Prozent auftraten. Im Jahr 2015 erstreckte sich die Phase mit bedeutenden Niederschlagsdefiziten vom Sommer bis in den Herbst, wobei der Frühling nass war und die Defizite generell weniger hoch ausfielen. Für die Abschätzung der Auswirkungen der Speicherseen während Trockenperioden wurden deshalb die Jahre 2003 und 2015 den Modellberechnungen zugrunde gelegt.

Für das Einzugsgebiet der Aare bis zur Einmündung in den Brienzersee wurde eine detaillierte Simulation für die Referenzperiode (1980 bis 2009) und die CH2011-Szenarien 2060 und 2085 durchgeführt. Für das Gebiet bis Hagneck wurde nur das Szenario 2085 simuliert. Ausserdem wurde nur das Wasserdargebot aus Niederschlag, Schnee- und Gletscherschmelze in den Einzugsgebieten betrachtet, nicht aber dasjenige aus den Abflüssen. Letzteres hätte eine Berücksichtigung der Grundwasserspeicher bedingt, da diese in

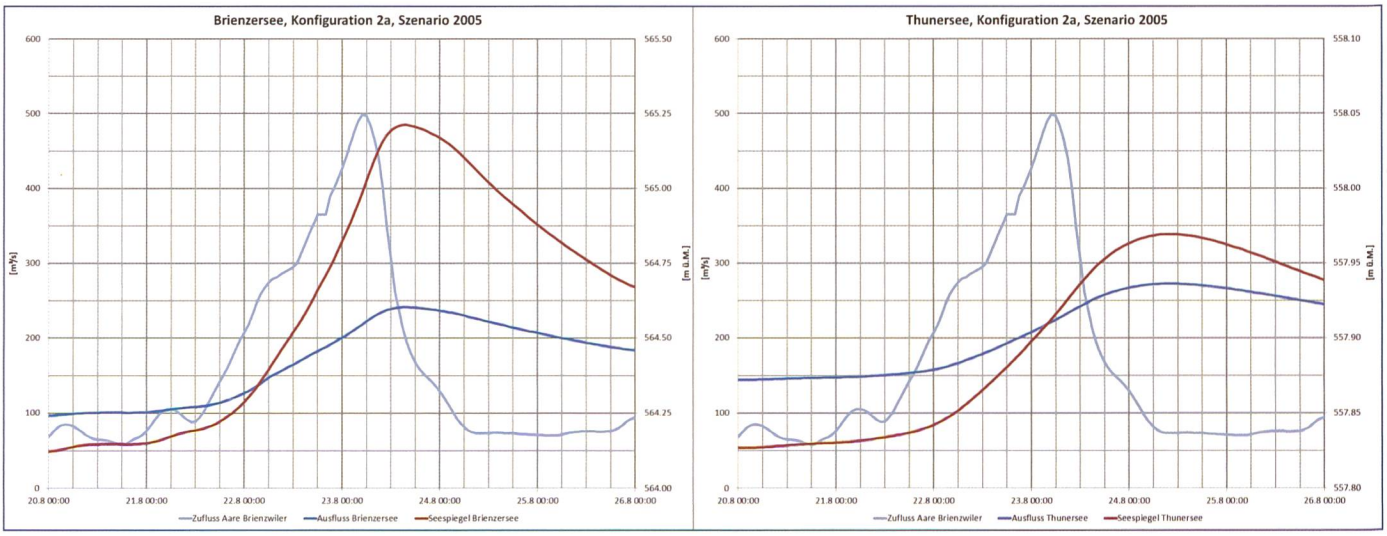

Bild 4. Dämpfende Wirkung des Brienzer- und Thunersees auf die Ausflüsse aus den beiden Seen für die Konfiguration 2a im Szenario 2005.

den grossen Talböden eine wichtige Rolle spielen. Diese detaillierte Betrachtung war im Rahmen der Studie nicht möglich.

Die Analyse der einzelnen Anteile am Wasserdargebot im Einzugsgebiet der Aare bis Brienzwiler zeigt, dass im Szenario 2060 im Mittel der Anteil der Gletscherschmelze gegenüber der Referenzperiode leicht zunimmt, im Szenario 2085 dann aber deutlich zurückgeht (*Bild 5*). Der Anteil der Schneeschmelze geht im Szenario 2060 gegenüber der Referenzperiode um ca. 10 % zurück und bleibt im Szenario 2085 fast unverändert. Der Regenanteil steigt von knapp 30 auf 45 Prozent an.

Überträgt man ein Trockenjahr wie 2003 auf die Szenarien 2060 und 2085, zeigen die Simulationsresultate, dass in Zukunft in einem extremen Trockenjahr im Spätsommer und Herbst ohne Massnahmen der Abfluss der Aare im Haslital nur noch einen Drittel des durchschnittlichen heutigen Abflusses betragen würde (*Bild 6*). Dieser Effekt ist sowohl mit als auch ohne KWO-Speicherbecken zu beobachten.

Grundsätzlich wäre es möglich, in einem extremen Trockenjahr mit dem in den heutigen Speicherseen der KWO und dem geplanten Triftsee gespeicherten Wasser das in der Aare bis Brienzwiler aus dem Klimawandel resultierende Defizit auszugleichen. In dieser Situation müssten die Seen jedoch prioritär als Wasserreservoir genutzt werden, und die Stromproduktion müsste sich nach den Bedürfnissen des Trockenheitsmanagements richten. Allerdings haben die Untersuchungen auch gezeigt, dass die beobachteten, interannuellen Schwankungen bei den Niederschlägen etwa doppelt so gross sind wie die Unsicherheiten, welche sich aus den Klimaszenarien ergeben (Ensemble-Berechnungen). Das gesamten Stauvolumen der KWO-Speicherseen würde deshalb ausschliesslich für die Kompensation der Auswirkungen des erwarteten Klimawandels reichen, nicht aber für den Ausgleich der Schwankungen im jährlichen Dargebot der Niederschläge.

Aus den Berechnungen des Wasserdargebotes für die Szenarien 2060 (nur bis Brienzersee) und 2085 in den Teileinzugsgebieten zwischen Brienzersee und Seeland geht hervor, dass in mittleren Jahren die Veränderungen in der Jahressumme gering sind, aber saisonale Veränderungen auftreten. In den Wintermonaten nimmt das Wasserdargebot zu, in den Sommermonaten ab. Mit Ausnahme des Winters liegen die Veränderungen jedoch im Bereich zwischen dem 10 %- und dem 90 %-Perzentil. Anders sieht es in einem

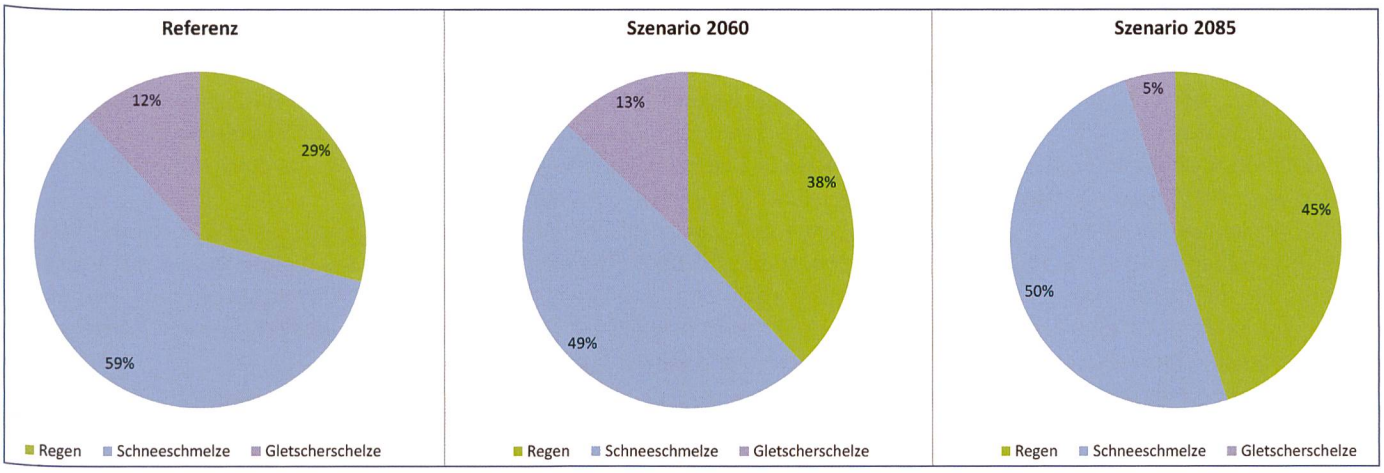

Bild 5. Anteile Regen, Schnee- und Gletscherschmelze am Gesamtwasserdargebot im Einzugsgebiet Aare – Brienzwiler für die Referenzperiode und die Szenarien 2060 und 2085.

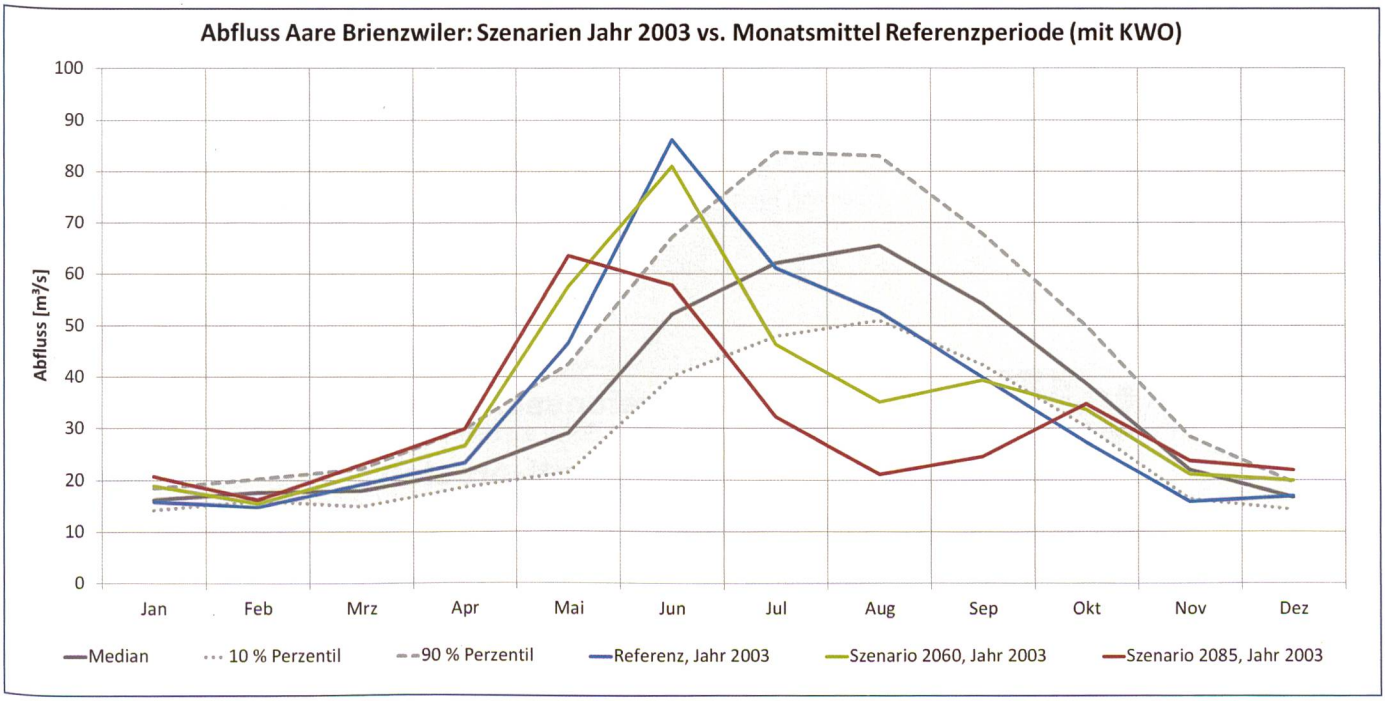

Bild 6. Monatsmittel-Abflüsse für das Jahr 2003 für die Referenzperiode und die Szenarien 2060 und 2085 im Vergleich mit dem Median und dem 10 %- bzw. 90 %-Perzentil der Monatsmittel aus der gesamten Referenzperiode (Konfiguraton mit KWO-Anlagen).

Trockenjahr wie 2003 aus. In einem solchen Jahr steigt das aufsummierte Defizit beim Wasserdargebot gegenüber der Referenzperiode auf 1400 Mio. m^3. Dies entspricht einer hypothetischen Seespiegeländerung der Jura-Randseen um 5 m oder dem fünffachen Volumen der KWO-Stauseen. Dies zeigt, dass das in den Speicherseen der KWO gespeicherte Wasser bei Weitem nicht ausreicht, um die Defizite im Wasserdargebot in einem Trockenjahr im Seeland zu decken.

Im Aaretal unterhalb des Thunersees befinden sich wichtige Wasserfassungen für die Trinkwasserversorgung der Stadt Bern und Umgebung. Das Wasser wird dem Grundwasserstrom entnommen. Diese Grundwasserleiter sind mit der Aare gekoppelt. Die Grundwasserleiter müssen in Zukunft wegen der mit dem Klimawandel einher gehenden Veränderungen noch sorgfältiger vor einer Übernutzung geschützt werden. Sollten sich hier im Zusammenhang mit dem Klimawandel Probleme ergeben, besteht immer noch die Möglichkeit, Wasser aus dem Thunersee aufzubereiten. Das Gleiche gilt auch für Biel, wo vermehrt Wasser aus dem Bielersee aufbereitet werden könnte.

Im Moment wird ein Grossteil des Wassers für die landwirtschaftliche Bewässerung im Seeland dem Grundwasser entnommen. Wenn als Folge des Klimawandels die Grundwasserpegel eher absinken dürften, wären davon auch die Trinkwasserfassungen betroffen. Deshalb sollte in Betracht gezogen werden, zukünftig den höheren Wasserbedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung vermehrt aus den Oberflächengewässern zu decken.

7. Fazit

In trockenen Sommermonaten wird zukünftig die fehlende Gletscherschmelze markante Auswirkungen auf die Abflüsse in der Aare haben (Szenario 2085). Die für das Trinkwasser wichtigen Grundwasserströme entlang der Aare könnten absinken und müssen vor einer Übernutzung geschützt werden. Die Analysen ergeben, dass die Speicherbecken der KWO zu klein sind und zu weit von den Problemgebieten entfernt liegen, als dass sie einen dauerhaften Beitrag zur Bewältigung der Auswirkungen von Trockenheitsperioden leisten könnten. Es bestehen jedoch Alternativen (z. B. Wasserentnahmen aus Seen), um die allenfalls auftretenden Probleme zu bewältigen.

Die Hochwasserspitzen in der Hasliaare werden dank den Stauseen im Grimselgebiet bis Brienzwiler um rund 18 % gedämpft und die Überflutungsflächen reduziert. Die Modellrechnungen zeigen, dass mit zusätzlichen Speicherseen (z. B. mit dem geplanten Stausee Trift) diese dämpfende Wirkung verstärkt werden könnte, dass aber zusätzliche Rückhaltekapazitäten in den vorhandenen Speicherseen der KWO – insbesondere wegen des verhältnismässig kleinen direkten Einzugsgebietes der Stauanlagen – keine weitere dämpfende Wirkung auf Hochwasserabflüsse in der Hasliaare hätten. Unterhalb des Thunersees ist der Einfluss des Wasserrückhalts der KWO bei Hochwasserereignissen gering.

Literatur

[1] *Akademien der Wissenschaften Schweiz* (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Swiss Academies Reports 11.

[2] *Bundesrat, S.* (2012): Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019. 2. Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014.

[3] *geo7 AG* (2017): Multifunktionsspeicher im Oberhasli. Bericht im Auftrag des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern.

[4] *geo7 AG, IUB, Hunziker, Zarn und Partner, Emch + Berger AG* (2007): Extremhochwasser im Einzugsgebiet der Aare. Studie im Auftrag des Tiefbauamtes und des Wasserwirtschaftsamtes des Kantons Bern.

[5] *CH2011* (2011): Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC. Zurich, Switzerland.

[6] *VAW* (2014): Gletscher- und Abflussentwicklung im Einzugsgebiet Wenden, Stein und Trift 1930–2100. Studie im Auftrag der Kraftwerke Oberhasli AG.

[7] *Linsbauer, A., Paul, F., Machguth, H. und Haeberli, W.* (2013): Comparing three different methods to model scenarios of future glacier change for the entire Swiss Alps. Annals of Glaciology, 54 (63), 241–253.

[8] *KWO* (2011): Wasserhaushalt der KWO 1997–2009.

[9] *CH2011* (in Rev): Projections of Extreme Precipitation in Switzerland. CH2011 Extension Series.

[10] *Mani, P.* (2000): Schneeschmelz- und Abflussprognose für das Berner Oberland im Frühling 1999. Wasser, Energie, Luft. 92. Jahrgang, Heft 3/4.

[11] *Anderson, E.A.* (1973): National Weather Service River Forecast System – Snow Accumulation and Ablation Model. NOAA Tech. Memo. NWS. U.S. Dep. of Commerce, Silver Spring.

Anschriften der Verfasser:

Peter Mani, Fachexperte Naturgefahren und Mitglied der Geschäftsleitung von geo7, CH-3012 Bern, peter.mani@geo7.ch

Judith Monney, Abteilungsleiterin Wassernutzung, Amt für Wasser und Abfall, BVE, Kanton Bern, judith.monney@bve.be.ch

Benno Schwegler, Leiter Projekte, Kraftwerke Oberhasli AG, benno.schwegler@kwo.ch

Bernhard Wehren, Fachbereichsleiter Seeregulierung, Amt für Wasser und Abfall, BVE, Kanton Bern, bernhard.wehren@bve.be.ch