

# Möglichkeiten und Grenzen von Mehrzweckspeichern in der Schweiz und ihr Beitrag zur regionalen Resilienz

Leoni Jossen, Astrid Björnsen Gurung

## Zusammenfassung

Laut Prognosen wird sich der Wasserhaushalt der Schweiz bis Ende des 21. Jahrhunderts aufgrund des klimatischen sowie sozioökonomischen Wandels stark verändern. Als Folge davon ist mit einem vermehrten Auftreten von lokalen und saisonalen Wasserengpässen zu rechnen. Solche Engpässe könnten durch die Zwischenspeicherung von Wasser in künstlichen Speicherseen, welche in der Schweiz schon jetzt zahlreich vorhanden sind, überbrückt werden. Heute werden diese vor allem für die Produktion von Wasserkraft genutzt. In Zukunft könnten weitere Funktionen hinzukommen: Nebst der Nutzung des Reservoirwassers für die Sicherstellung der Wasserversorgung, können Speicherseen auch eine Schutzfunktion wahrnehmen oder für gesellschaftliche oder ökologische Zwecke genutzt werden. Eine Ausweitung der Palette der Nutzungen kann sich positiv auf die regionale Resilienz auswirken. Es gilt aber abzuklären, durch welche Faktoren die Mehrzwecknutzung beschränkt oder verunmöglicht wird und wo sie durchaus eine Option darstellt. Dies auch vor dem Hintergrund der vielen Konzessionen, die in den nächsten Jahrzehnten ablaufen werden. Dieser Umstand eröffnet die Möglichkeit, zukünftige Nutzungsoptionen bei der Neukonzessionierung zu berücksichtigen.

## 1. Einleitung

Obwohl die Schweiz als Wasserschloss Europas gilt und über grosse Wasservorräte verfügt, wird nur ein Bruchteil der Wasserressourcen verbraucht. Gemäss der Klimamodelle für die Schweiz wird sich auch im Zuge des Klimawandels die Summe der Jahresniederschläge bis Ende des 21. Jahrhunderts nur geringfügig ändern (Bosshard et al., 2009). Trotz dieser komfortablen Ausgangslage führt der Klimawandel zu Veränderungen im Wasserhaushalt, welche die Wasserversorgung vor neue Herausforderungen stellen werden. Grosse Veränderungen werden z. B. bei der Verteilung der Niederschläge im Jahresverlauf erwartet. Die Prognosen zeigen, dass die Niederschlagsmenge im Sommer ab-, im Winter dagegen zunehmen wird. Zudem steigt ganzjährig die Gefahr von Starkniederschlägen und entsprechend auch von Hochwasserereignissen (IPCC, 2007; Frei et al., 2006).

Nebst dem Wasserdargebot wird sich in Zukunft auch die Wassernachfrage verändern. Durch die steigenden Temperaturen erhöht sich der Wasserbedarf, bspw. für die landwirtschaftliche Bewässerung oder Kühlung von technischen Anlagen. Auch sozioökonomische Faktoren beein-

flussen den Bedarf. Das Bundesamt für Statistik geht in seinem mittleren Szenario zur Gesamtbevölkerung der Schweiz bis 2045 von einer Zunahme um knapp 23 % gegenüber 2015 aus (BFS, 2015). Dies dürfte mit einem Anstieg des Wasserverbrauchs einhergehen. Da die Bevölkerungszunahme regional sehr unterschiedlich ausfällt, wird die Wasserversorgung insbesondere in Regionen mit grossem Bevölkerungswachstum unter Druck geraten. Als Sektor mit den grössten Nutzungsansprüchen beeinflusst auch die Entwicklung der Wirtschaft den Wasserverbrauch. Prognosen zum Wasserverbrauch von Industrie und Gewerbe sind jedoch schwierig zu machen, da selbst bei einer Zunahme von Industrie und Gewerbe der erhöhte Wasserbedarf von Einsparpotenzialen überlagert werden kann (Hoffmann et al., 2014). Für die Sektoren Landwirtschaft und Tourismus wird aber damit gerechnet, dass der Wasserverbrauch steigen wird (Björnsen Gurung und Stähli, 2014; Fuhrer et al., 2013; Rixen et al., 2011).

Da aufgrund des Klimawandels auch die natürlichen Speicher wie Gletscher, Schneedecke oder Bodenfeuchte rückläufig sind, wird zurzeit diskutiert, ob künstliche Speicher deren Funktion über-

nehmen könnten. Die Relevanz der frühzeitigen Prüfung von Möglichkeiten, wie die Wasserversorgung zukünftig sichergestellt werden könnte, wurde auch von der Politik erkannt. Gleich mehrere Vorstösse fordern eine umfassende Untersuchung der heutigen und zukünftigen Wassernutzung sowie der Möglichkeiten einer Umnutzung der heutigen Speicherseen der Wasserkraft zu Mehrzweckspeichern (z. B. Motion 13.4267 (Amherd 2013) auf Bundesebene oder Postulat 4.0215 (Bérod et al., 2016) im Kanton Wallis). Hinzu kommt, dass in den kommenden Jahrzehnten die Wasserrechtskonzessionen von vielen Kraftwerken auslaufen werden und neu vergeben werden müssen. Auch in diesem Zusammenhang ist es wichtig, frühzeitig Rahmenbedingungen zu schaffen, die zukünftige Nutzungsansprüche bei der Neukonzessionierung berücksichtigen.

Erste Grundlagen dazu wurden in der vorliegenden Studie (Jossen, 2017) erarbeitet. Sie untersuchte, welche weiteren Nutzungsmöglichkeiten die Speicherseen der alpinen Wasserkraft neben der Stromproduktion bieten und welche Faktoren eine Mehrzwecknutzung einschränken oder verunmöglichen könnten. Zur Betrachtung gehörten nicht nur die Nutzungsmöglichkeiten des Wassers aus den Seen, sondern auch weitere Nutzungsmöglichkeiten der Seen, beispielsweise für touristische oder gesellschaftliche Zwecke. Anhand des konkreten Fallbeispiels Lienne-Raspille im Kanton Wallis wurde zudem untersucht, wie sich eine Mehrzwecknutzung auf die regionale Resilienz auswirkt. Das Projekt Lienne-Raspille, an dem zehn Gemeinden und drei Elektrizitätsgesellschaften beteiligt sind, wird zurzeit in der Region Siders-Crans-Montana umgesetzt und bezweckt die Sicherstellung der Wasserversorgung der Region. Zentrales Element ist der Speichersee Lac de Tseuzier, in dem überschüssiges Wasser zwischengespeichert werden soll.

Zur Beantwortung der beiden Fragestellungen (Möglichkeiten und Grenzen

der Mehrweckspeicherung; Beitrag zur Resilienz) wurden Interviews mit 13 Experten und einer Expertin aus den Bereichen Wasserkraft, Landwirtschaft, Tourismus, Hochwasserschutz, Berggebiet, Ingenieurwesen, Gemeinden sowie des Umwelt- und Landschaftsschutzes durchgeführt und anhand einer inhaltlich strukturierenden, qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Jossen 2017).

**2. Nutzungsmöglichkeiten von Speicherseen**

Wie die Untersuchung zeigte, bieten die Speicherseen der alpinen Wasserkraft potenziell eine Vielzahl an weiteren Nutzungsmöglichkeiten (Bild 1).

**2.1 Energetische Nutzung**

Der heutige Primärzweck der Speicherseen, die energetische Nutzung, wird auch in Zukunft von grosser Bedeutung sein. Heute stammt knapp ein Drittel der in der Schweiz produzierten Elektrizität aus Speicherkraftwerken (BFE 2017). Auch die Energiestrategie 2050 setzt auf die Nutzung der Wasserkraft. Einerseits als Stromproduzentin, andererseits aber auch aufgrund ihrer Speicherfunktion, welche durch die Verbreiterung des Stromangebots durch die Förderung der neuen erneuerbaren Ener-

gien wie Wind und Sonne an Bedeutung gewinnt. Da Strom aus Sonne und Wind unregelmässig anfällt, sind entsprechende Speicher- und Reservekapazitäten nötig. Hier spielt die Wasserkraft eine wichtige Rolle, da sie sowohl die täglichen als auch die saisonalen Schwankungen ausgleichen und zudem innert weniger Minuten Energie zur Deckung von Verbrauchsspitzen bereitstellen kann.

**2.2 Wasserrückhalt und Schutzfunktion**

Durch die aufgrund des Klimawandels steigenden Temperaturen erhöht sich die Verdunstungsmenge, wodurch die Häufigkeit von Starkniederschlägen steigen wird (Job et al. 2011). Allein das Vorhandensein von Stauseen wirkt sich positiv auf den Hochwasserschutz aus, da diese die Abflussspitzen abflachen. Wie hoch der Effekt ist, hängt von der Art und Grösse des Einzugsgebietes ab und wird mit zunehmender Distanz vom Speichersee kleiner. Eine aktive Bewirtschaftung im Vorfeld von Starkniederschlägen kann den Beitrag der Speicherseen zum Hochwasserschutz erhöhen. Durch ein Vorhersagesystem, welches Wetterprognosen, Abflussdaten und Informationen zum Füllungsgrad der Speicherseen miteinander verknüpft, kann die

Entwicklung der Abflussspitzen schon im Voraus abgeschätzt werden. Ist aus der Prognose ersichtlich, dass sich die Abflussspitzen mit freiem Speichervolumen so reduzieren lassen, dass keine kritischen Pegelstände

**2.3 Nutzung des Wassers**

Das Wasser aus den Speicherseen lässt sich für eine Vielzahl verschiedener Zwecke nutzen. Zu nennen sind dabei vor allem die Trinkwasserversorgung, die Bewässerung, als Löschwasser, die Beschneigung und Kühlung. Wofür das Wasser genutzt werden soll, hängt natürlich von den jeweiligen lokalen Nutzungsansprüchen ab. Die Rolle alpiner Speicherseen für die Sicherung der Trinkwasserversorgung wird in der Schweiz als untergeordnet betrachtet, da zahlreiche Quellen und qualitativ hochwertiges Grundwasser eine ausreichende Wasserversorgung ermöglichen. Nichtsdestotrotz kann in einigen Regionen durchaus ein Bedürfnis nach Wasser aus den Speicherseen als Ergänzung zur Trinkwasserversorgung bestehen. Bereits heute beziehen einige Gemeinden in der Region Siders-Crans-Montana Trinkwasser aus dem Tseuzier-Stausee (Reynard und Bonriposi, 2012). Das Beispiel zeigt, wie wichtig die Betrachtung der jeweiligen lokalen Situation ist.

**2.4 Ökologie**

Aufgrund des Klimawandels werden auch die Gewässer zukünftig stärker unter Druck stehen. Wasserknappheit beeinflusst Lebensräume und damit auch eine Vielzahl



**Energetische Nutzung**

- 1 Energieerzeugung
- 2 Energiespeicherung
- 3 Systemdienstleistungen

**Wasserrückhalt / Schutzfunktion**

- 4 Hochwasserschutz / Schutz vor Naturgefahren
- 5 Hydrologische Regulierung (Ersatz / Ergänzung natürlicher Speicher)

**Nutzung des Wassers**

- 6 Trinkwasser
- 7 Bewässerungswasser
- 8 Löschwasser
- 9 Beschneigung
- 10 Kühlwasser

**Ökologie**

- 11 Garantie der Restwassermengen
- 12 Künstliche Hochwasser

**Gesellschaft**

- 13 Infrastruktur des Kraftwerks
- 14 See als Attraktion
- 15 Kultur- / Landschaftsraum

**Bild 1. Nutzungsmöglichkeiten von Speicherseen (Quelle: Valentin Rüegg, Leoni Jossen und Astrid Björnsen Gurung).**

von Tieren und Pflanzen. Mit dem gespeicherten Wasser aus den Reservoirien kann auch in Trockenheitsperioden genügend Wasser für die unterliegenden Gewässer abgelassen werden. Nebst der Wassermenge ist auch die Dynamik in den Bächen wichtig. Durch künstliche Hochwasser, welche mit Geschiebezugaben ergänzt werden können, lässt sich der ökologischen Zustand in Restwasserstrecken unterhalb von grossen Speicherseen verbessern (Zurwerra et al., 2016).

### 2.5 Gesellschaft

Ein Speichersee kann auch für gesellschaftliche Zwecke genutzt werden, wenn er z. B. als touristisches Produkt vermarktet wird. Besucher werden angelockt, wenn ihnen dort die Geschichte der Wasserkraft und des Stroms erklärt wird und die Funktionsweise und der Bau des Stausees gezeigt werden. Zudem kann die Infrastruktur der Speicherseen, beispielsweise Zufahrtsstrassen und Bahnen, welche von den Kraftwerksbetreibern gebaut und unterhalten werden, der Bevölkerung zugänglich gemacht werden, wodurch die Region touristisch an Attraktivität gewinnt.

### 3. Grenzen

Obwohl Speicherseen zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten bieten, kann eine Mehrzwecknutzung eines Reservoirs durch verschiedene Faktoren begrenzt werden (Tabelle 1). Ist ein Bedürfnis nach einer Mehrzwecknutzung vorhanden, so müssen potenzielle Nutzungseinschränkungen sorgfältig abgeklärt werden.

#### 3.1 Natürliche Faktoren

Eine erste wichtige Beschränkung der Mehrzwecknutzung wird durch das hydrologische System gesetzt. Diese Grenze

betrifft insbesondere Nutzungen, bei denen das Wasser verbraucht wird. Wichtig ist dabei, dass bei der Planung einer Mehrzwecknutzung nicht nur das gegenwärtige Wasserdargebot und die heutige Wassernachfrage betrachtet werden, sondern auch zukünftige Entwicklungen. Wird das Wasserdargebot nämlich überschätzt, so verschärft dies allfällige Nutzungskonflikte. Ein weiterer Faktor ist die Lage des Sees, bzw. die Distanz zum Ort der Nutzung. Idealerweise findet die Stauung in möglichst hoher Lage statt, sodass das Wasser einfach an die verschiedenen Nutzer verteilt werden kann. Muss das Wasser zuerst in höhere Lagen gepumpt werden, so kann dies aus ökologischen und ökonomischen Gründen wenig sinnvoll sein. Der Bau von neuen Speicherseen kann durch die Tatsache eingeschränkt sein, dass die besten Standorte schon verbaut sind und nur eine begrenzte Anzahl geeigneter Standorte für neue Projekte zur Verfügung steht. Aufgrund ihrer Lage sind alpine Speicherseen als Badeseen uninteressant, da die Wasser- und Umgebungstemperatur allgemein zu niedrig sind.

#### 3.2 Schutzansprüche

Natur- und Landschaftsschutz setzen vor allem dem Bau von neuen Speicherseen enge Grenzen. Zur Diskussion steht zurzeit die Nutzung resp. die zusätzliche Stauung der neu entstehenden Gletscherseen, worin ein grosses wasserwirtschaftliches Potenzial gesehen wird. Da es sich bei den Gletscherrückzugsorten um wertvolle neue Lebensräume und Pionieräume für Sukzessionsprozesse handelt, kommt es hier zwangsläufig zu Interessenskonflikten. Zudem befinden sich viele dieser Seen in Schutzgebieten. Bei bestehenden Seen können weitere Nutzungen vor allem aus

Gewässerschutzgründen verhindert werden. Die gesetzlichen Mindestrestwassermengen, die eingehalten werden müssen, reduzieren die verteilbare Wassermenge.

### 3.3 Projektplanung

Wird die Nutzung weder durch natürliche Faktoren noch durch Schutzansprüche ausgeschlossen, so stellt sich die Frage der technischen Machbarkeit, der Kosten, bzw. der Rentabilität des Projekts sowie der rechtlichen Aspekte. Die technische Machbarkeit stellt selten eine Grenze dar, da heute technisch sehr viel realisierbar ist. Sie hat jedoch Auswirkungen auf die Kosten eines Projekts. Sind diese zu hoch, sinkt die Rentabilität, was oft dazu führt, dass ein Projekt gar nicht realisiert wird. Auch rechtliche Aspekte spielen eine wichtige Rolle. Bei den bestehenden Speicherseen sind die Konzessionen zur Nutzung des Wassers bereits vergeben und das Recht der Wassernutzung wurde von den Gemeinwesen auf die Energieunternehmen übertragen. Das Einfordern von weiteren Nutzungen bedeutet somit einen Eingriff in die Konzession. Da aber viele Konzessionen in den nächsten Jahrzehnten ablaufen, bieten sich hier neue Gestaltungsmöglichkeiten.

### 3.4 Bewirtschaftung

Auch die derzeit praktizierte Bewirtschaftung eines Speichersees kann dem Ausbau der Nutzungspalette Grenzen setzen. Stromnachfrage, Strombörsenpreise, Füllungsgrad des Stausees und teilweise sogar Wetterprognosen steuern die Entscheidung, wie viel Wasser turbinert wird. Kommen zusätzliche Ansprüche an die Verwendung der limitierten Wassermenge oder den Zeitpunkt der Nutzung hinzu, kann dies zu Nutzungskonflikten führen. Zudem können auch Sicherheitsbedenken, beispielsweise bei der Durchführung von künstlichen Hochwassern, die Bewirtschaftung als Mehrzweckspeicher verhindern.

## 4. Einfluss eines Mehrzweckspeichers auf die regionale Resilienz

Der zweite Teil der Studie untersuchte den Einfluss der Mehrzwecknutzung auf die Resilienz einer Region. Das Konzept der Resilienz wurde ursprünglich in den Naturwissenschaften entwickelt, um die Fähigkeit von Materialien, nach einer Verformung wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurückzukehren, zu beschreiben. In den 70er-Jahren wurde das Konzept auf ökologische Systeme übertragen und findet seitdem in verschiedenen Disziplinen Verwendung (Davoudi et al., 2013). Der

Kategorie	Grenze
Natürliche Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hydrologisches System</li> <li>Lage / Distanz</li> </ul>
Schutzansprüche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Natur- und Landschaftsschutz</li> <li>Ästhetik</li> <li>Gewässerschutz und Ökologie</li> </ul>
Projektplanung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technische Machbarkeit</li> <li>Kosten und Rentabilität</li> <li>Rechtliche Aspekte</li> </ul>
Bewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzungsansprüche</li> <li>Nutzungskonflikte</li> <li>Gerechtigkeit</li> <li>Sicherheit</li> </ul>

Tabelle 1. Übersicht Grenzen.



Begriff beschreibt heute die Fähigkeit von Systemen, mit Störungen klarzukommen. Verschiedene Autorinnen und Autoren (z. B. Jakubowski 2013; Davoudi, 2012; Wilson, 2012) gehen davon aus, dass das Konzept der Resilienz dasjenige der Nachhaltigkeit ablösen wird. Sie begründen diese These mit der Beobachtung, dass in der Bevölkerung aufgrund von Naturkatastrophen, Terrorattacken oder Wirtschaftskrisen vermehrt ein Gefühl von Unsicherheit auftritt und man diesem mit dem Begriff der Resilienz begegnen kann (Davoudi, 2012). Durch die Erhöhung der Resilienz eines Systems sollen nämlich die negativen Auswirkungen solcher Krisen reduziert werden (Simmie und Martin, 2010).

Um den Einfluss des Mehrzweckspeichers auf die regionale Resilienz zu untersuchen, wurde die Resilienz in Bezug zur Lebensqualität gesetzt. Das heisst, in einer resilienten Region sollte die Lebensqualität trotz Störungen mindestens erhalten bleiben. Die meisten Arbeiten zu diesem Thema bewerten die Auswirkungen von nur einer

Störung auf eine Region und folglich auch nur Anpassungsmöglichkeiten an genau diesen Störfaktor. In der vorliegenden Arbeit wurde ein neuer Ansatz verwendet: der Mehrzweckspeicher wird als Anpassungsmittel gegenüber mehreren Störungen ins Zentrum der Untersuchung gestellt.

Um den Einfluss des Mehrzweckspeichers zu bewerten, wurden neun Indikatoren aus den vier Dimensionen Ökonomie, Infrastruktur, Soziales und Ökologie ausgewählt, welche zusammen die Lebensqualität in der Region beeinflussen (Tabelle 2). Ausgewählt wurden ausschliesslich Indikatoren, welche von Störungen direkt betroffen sind und durch den Mehrzweckspeicher positiv oder negativ beeinflusst werden können.

Bild 2 stellt das regionale System und die Wechselwirkung mit der Mehrzwecknutzung vereinfacht dar. Störungen, welche von aussen auf das System einwirken, wurden in den zwei Kategorien Klimawandel (z. B. Trockenheit oder Starkniederschläge) und globaler Wandel (z. B. de-

mografischer Wandel oder internationale Konkurrenz im Elektrizitätsmarkt) zusammengefasst.

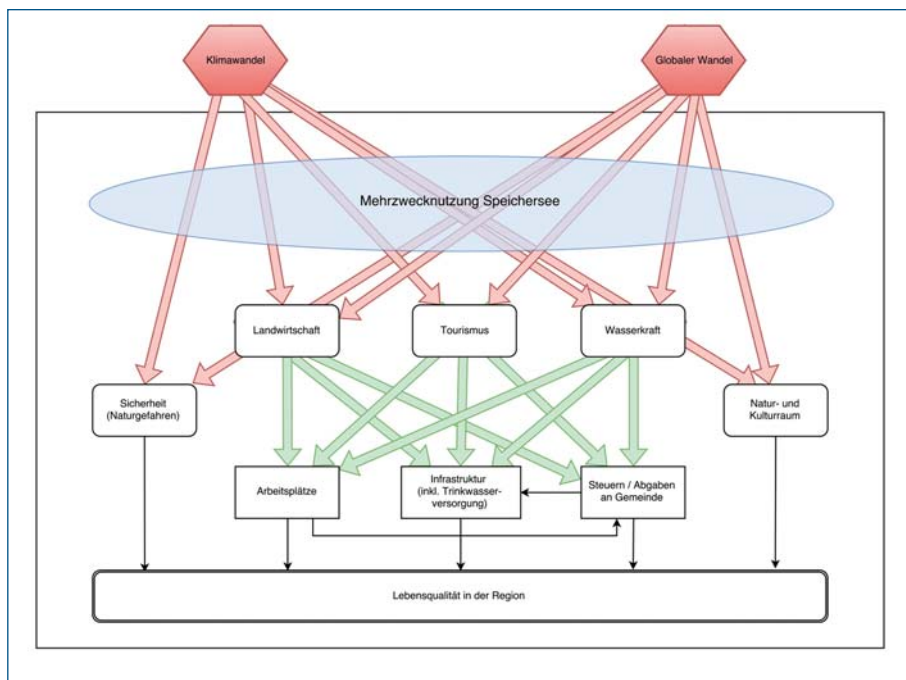
Die Untersuchung zeigte, dass sich die Nutzung eines Mehrzweckspeichers in vielerlei Hinsicht positiv auf die regionale Resilienz auswirkt. Es überrascht nicht, dass die Resilienz der Region gegenüber der Störung «Trockenheit» am stärksten erhöht wird. Das untersuchte Mehrzweckspeicher-Projekt Lienne-Raspille sieht vor, dass das überschüssige Wasser aus Monaten mit hohem Abfluss im See zwischengespeichert wird. Dadurch kann in Zukunft während des ganzen Jahres genügend Wasser zur Verfügung gestellt werden. Zudem sollen die Wasserversorgungssysteme der verschiedenen Gemeinden miteinander verknüpft werden, sodass die Gemeinden gegenseitig Zugang zu ihren Wasserreserven erhalten. Da die Wasserressourcen der Gemeinden sehr ungleich verteilt sind und nicht mit dem Eigenverbrauch korrelieren, stellt dies eine wichtige Massnahme zur Sicherstellung der Wasserversorgung in allen Gemeinden dar.

Sowohl die Wirtschaft als auch der Natur- und Kulturräum der Region Siders-Crans-Montana sind stark vom Wasser abhängig (Schneider, 2015). Eine erhöhte Resilienz gegenüber der Störung Trockenheit wirkt sich daher auf mehrere Indikatoren aus. Bei den Indikatoren aus der Dimension «Ökonomie» spielen aber andere Störungen eine grössere Rolle. Zwar kann auch hier die Mehrzwecknutzung die Resilienz gegenüber einigen Störungen erhöhen. Dies geschieht zum Teil direkt, wie bei der Wasserkraft, welche durch den Verkauf des Wassers weitere Geschäftsmöglichkeiten eröffnet und daher ihre Abhängigkeit gegenüber dem internationalen Markt reduzieren kann. Dies geschieht aber auch indirekt, wie im Tourismus, der mit Beschneidungswasser aus dem See Schneesicherheit garantieren kann und sich dadurch einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz verschafft. Für die regionale Wirtschaft spielen aber eine Vielzahl von weiteren Faktoren eine weitaus grössere Rolle. Der Einfluss des Mehrzweckspeicherprojekts auf die Resilienz wird hier folglich als gering eingeschätzt.

Gegenüber Störungen durch Naturgefahren stellten die Experten keine Erhöhung der Resilienz fest. Was auf den ersten Blick erstaunt, erklärt sich durch die einfache Tatsache, dass Naturgefahren wie Überschwemmungen in der untersuchten Region wenig auftreten. Folglich kann auch ein Mehrzweckspeicher keine merkliche Verbesserung zur bestehenden Situation

Dimension	Indikator
Ökonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Diversität der Wirtschaftssektoren</li> <li>• Sichere Arbeitsplätze und Einkommen</li> <li>• Ausgeglichene Gemeindefinanzen</li> </ul>
Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Sicherheit in Bezug auf Naturgefahren</li> <li>• Sicherstellung der Wasserversorgung</li> </ul>
Soziales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherer Zugang zur Ressource Wasser</li> <li>• Gute Zusammenarbeit zwischen Gemeinden und Akteuren</li> </ul>
Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Biodiversität und intakter Naturraum</li> <li>• Intakter Kultur- und Erholungsraum</li> </ul>

**Tabelle 2. Indikatoren für hohe Lebensqualität.**



**Bild 2. Das regionale System und die Wechselwirkung mit der Mehrzwecknutzung, vereinfacht dargestellt.**

bringen. Ebenso verhält es bei der Waldbrandgefahr, für welche schon heute ausreichend Löschwasser zur Verfügung steht.

Einen deutlich positiven Einfluss auf die Resilienz hat die verstärkte Zusammenarbeit zwischen den Gemeinden, da bestehende Netzwerke und Beziehungen eine wichtige Rolle bei der Bewältigung von unvorhergesehenen Krisen spielen (Norris et al., 2008).

## 5. Schlussfolgerungen

Diese Studie schuf eine Übersicht über die vielfältigen zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten der Speicherseen der alpinen Wasserkraft als Ergänzung zur Energieproduktion. Dabei spielt das im See gespeicherte Volumen eine wichtige Rolle, aber auch der See selbst. Dieser kann eine Schutzfunktion vor Hochwasser oder Flutwellen einnehmen, bietet aber auch touristische Nutzungsmöglichkeiten, wenn die Infrastruktur des Kraftwerks zugänglich gemacht wird. Wie das untersuchte Fallbeispiel Siders-Crans-Montana zeigte, kann sich eine Mehrzwecknutzung positiv auf die regionale Resilienz auswirken. Die Folgen von Störungen, welche auf die Region einwirken, können gemildert werden, wodurch der Mehrzweckspeicher hilft, die Lebensqualität in der Region zu erhalten.

Wie hoch das Potenzial von Mehrzweckspeichern tatsächlich ist, insbesondere was die Sicherung der Wasserversorgung betrifft, muss anhand einer quantitativen Analyse untersucht werden. Ein Forschungsprojekt zur Quantifizierung des Potenzials von Wasserspeichern zur Bewältigung von Wasserknappheit wurde vom Bund 2017 lanciert. Um Mehrzweckspeicher-Projekte in Zukunft zu vereinfachen, wäre nebst einer quantitativen Analyse auch in qualitativer Hinsicht noch weiterer Forschungsbedarf vorhanden. So stellen sich beispielsweise Fragen zu Abgeltungsmechanismen und zur Priorisierung von Nutzungen. Da mit dem Ablauf der Konzessionen neue Bedingungen für die Konzessionsvergabe festgelegt werden können, sollten frühzeitig Überlegungen zu künftigen Nutzungsbedürfnissen gemacht werden, damit diesen später keine rechtlichen Einschränkungen entgegenstehen. Für alle Betrachtungen wichtig ist die Skala. Das Beispiel der Trinkwasserversorgung macht deutlich, dass der Beitrag der alpinen Speicherseen für diesen Zweck schweizweit eine untergeordnete Rolle spielt, regional und lokal aber bedeutend sein kann. Es liegt auf der Hand, dass die Bedürfnisse und Möglichkeiten von Fall zu

Fall abgeklärt werden müssen. Eine gute Datengrundlage zum gegenwärtigen und zukünftigen Angebot und Bedarf ist dabei ein wesentlicher Faktor. Nebst der Suche nach technischen Lösungen müssen aber unbedingt auch andere Lösungsmöglichkeiten, beispielsweise die Nutzung von Einsparpotenzialen, überprüft werden.

### Literatur

Amherd, V. 2013. 13.4267 Motion. Masterplan Wasser. Erarbeitung von Grundlagen zur langfristigen wasserwirtschaftlichen Strategie in den Gebirgsregionen. Available at: <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20134267>.

Bérod, A.C. et al. 2016. Postulat 4.0215. Erweiterung der Nutzung unserer Staudämme. Available at: [https://parlement.vs.ch/common/idata/parlement/vos/docs/2016/10/2016.11\\_POS\\_4.0215\\_Erweiterung\\_der\\_Nutzung\\_unserer\\_Staudaemue\\_ENT.pdf](https://parlement.vs.ch/common/idata/parlement/vos/docs/2016/10/2016.11_POS_4.0215_Erweiterung_der_Nutzung_unserer_Staudaemue_ENT.pdf).

BFE, 2017. Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2016, Ittigen.

BFS, 2015. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015–2045, Neuchâtel.

Bjørnsen, Gurung, A., Stähli, M. 2014. Wasserressourcen der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und morgen. Thematische Synthese 1 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», Bern.

Bosshard, T., Ewen, T., Kotlarski, S., Schär, Ch. 2009. The annual cycle of the climate change signal – An improved method for use in impact studies. Geophysical Research Abstracts 11, EGU, pp.2009–7095.

Davoudi, S. 2012. Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? Planning Theory and Practice, 13(2), pp.299–307.

Davoudi, S., Brooks, E., Mehmood, A. 2013. Evolutionary Resilience and Strategies for Climate Adaptation. Planning, Practice and Research, 28(3), pp.307–322.

DVBÜ, 2016. Das Wallis angesichts des Klimawandels, Sion.

Frei, C., Schöll, R., Fukutome, J., Schmidli, J., Vidale, P. L. 2006. Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 111 (D6), pp.1–22.

Fuhrer, J., Tendall, D., Klein, T., Lehmann, N., Holzkämper, A. 2013. Water Demand in Swiss Agriculture – Sustainable Adaptive Options for Land and Water Management to Mitigate Impacts of Climate Change. ART Schriftenreihe 19: pp.56.

Hoffmann, S., Hunkeler, D., Maurer, M. 2014. Nachhaltige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in der Schweiz: Herausforderungen und Handlungsoptionen. Thematische Synthese

3 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», Bern.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.

Jakubowski, P. 2013. Resilienz – eine zusätzliche Denkfigur für gute Stadtentwicklung. Informationen zur Raumentwicklung, 4, pp.371–378.

Job, D. et al. 2011. Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung – Synthesebericht. Beiträge zur Hydrologie der Schweiz. Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) und Hydrologische Kommission (CHY), ed., Bern.

Jossen, L. 2017. Grenzen und Möglichkeiten von Mehrzweckspeichern in der Schweiz und ihr Beitrag zur regionalen Resilienz, Universität Zürich.

Norris, F.H. et al. 2008. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. American Journal of Community Psychology, 41(1–2), pp.127–150.

Reynard, E., Bonriposi, M. 2012. Water Use Management in Dry Mountains of Switzerland. The Case of Crans-Montana-Sierre Area. In M. Neményi, B. Heil, eds. The Impact of Urbanization, Industrial, Agricultural and Forest Technologies on the Natural Environment. Sopron: Nyugatmagyarországi Egyetem, pp. 281–301.

Rixen, Ch., Teich, M., Lardelli, C., Gallati, D., Pohl, M., Pütz, M., Bebi, P. 2011. Winter tourism in the Alps: An assessment of resource consumption, snow reliability, and future snow-making potential. Mountain Research and Development 31(3): pp.229–236.

Schneider, F. 2015. Exploring sustainability through stakeholders' perspectives and hybrid water in the Swiss alps. Water Alternatives, 8(2), pp.280–296.

Simmie, J., Martin, R. 2010. The economic resilience of regions: Towards an evolutionary approach. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 3(1), pp.27–43.

Wilson, G. A. 2012. Community Resilience and Environmental Transitions, London and New York: Routledge.

Zurwerra, A., Meile, T., Käser, S. 2016. Künstliche Hochwasser – Massnahme zur Beseitigung ökologischer Beeinträchtigungen in Restwasserstrecken unterhalb von Speicherseen. Ausleageordnung Grundlagen und Handlungsbedarf, PRONAT & BG.

Anschrift der Verfasser

Leoni Jossen, leoni.jossen@gmx.ch

Astrid Bjørnsen Gurung, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf, astrid.bjoernsen@wsl.ch