

Zeitschrift:	Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber:	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band:	108 (2016)
Heft:	3
Artikel:	Zur Bedeutung von Mehrzweckspeichern in der Schweiz : Anpassung an den Klimawandel
Autor:	Thut, Walter K. / Weingartner, Rolf / Schädler, Bruno
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-939523

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Bedeutung von Mehrzweckspeichern in der Schweiz

Anpassung an den Klimawandel

Walter K. Thut, Rolf Weingartner, Bruno Schädler

Zusammenfassung

Bereits heute sehen sich alpine Einzugsgebiete ohne Gletscher und einzelne Regionen des Mittellandes hier und da mit Wasserknappheit konfrontiert. Hingegen verfügen alpine, von Gletschern gespeiste Fließgewässer über genügend Schmelzwasser, um Hitzeperioden zu überbrücken. Dies wird sich ab Mitte des Jahrhunderts mit dem Verschwinden der Gletscher ändern. Gibt es Ende des Jahrhunderts noch genügend Wasser für alle Nutzer, auch für die Wasserkraft als Pfeiler der Energiewende? Mit der vorliegenden Studie werden die Möglichkeiten und Grenzen von Mehrzweckspeichern anhand von zwei Fallbeispielen untersucht.

Résumé

Déjà aujourd’hui des bassins versants alpins sans des glaciers et quelques régions du plateau Suisse sont de temps en temps confronté avec un manque d’eau. Les cours d’eau nourris par des glaciers sont encore remplis avec l’eau des fontes durant les canicules. Cela changera à partir du milieu de ce siècle, avec la disparition des glaciers. Est-ce qu’à la fin du siècle il y aura encore assez de l’eau pour tous les utilisateurs, aussi pour l’électricité hydraulique, le pilier de la nouvelle politique énergétique ? Avec l’étude présentée les possibilités et les limites des réservoirs à buts multiples sont analysées.

Flüssen aus: Auch wenn im (Früh-)Sommer über mehrere Wochen kein oder nur wenig Niederschlag fällt, ist die Wasserführung dieser Fließgewässer sehr hoch; sie liegt meist sogar über dem langjährigen Durchschnitt (BUWAL et al., 2004). Aber für jeden ist es sichtbar: Die Gletscher in der Schweiz sind am Abschmelzen (BAFU, 2012), die durchschnittliche Schneegrenze steigt und die Schneevolumina nehmen ab (Zappa et al., 2012). Diese Veränderungen beeinflussen etwa ab Mitte des Jahrhunderts das saisonale Abflussverhalten massgeblich und führen auch in den Alpen zu einem Rückgang der Abflussmengen im Sommer. Wie verschiedene Studien belegen, wird sich diese Situation in Zukunft verstärken (Leitungsgruppe NFP61, 2015).

Auch der Erfolg der Energiewende hin zu nachhaltiger Stromproduktion hängt von der Wasserverfügbarkeit ab. Die Wasserkraft in der Schweiz liefert aktuell etwa 60 % der produzierten elektrischen Energie. Gibt es in Zukunft noch genügend

1. Ausgangslage

Alpine Einzugsgebiete ohne Gletscher und einzelne Regionen des Mittellandes sehen sich bereits heute phasenweise mit Wasserknappheit konfrontiert (Fuhrer, 2012), nicht zuletzt, weil natürliche oder künstliche Speicher fehlen. Heute und in Zukunft

sind häufigere und intensivere Trockenperioden eines der grössten Risiken für die Schweiz (OCCC, 2015). Darunter werden vor allem die Landwirtschaft und die Flora und Fauna in den Gewässern leiden.

Anders sieht es noch bei den von Gletschern gespeisten Bächen und

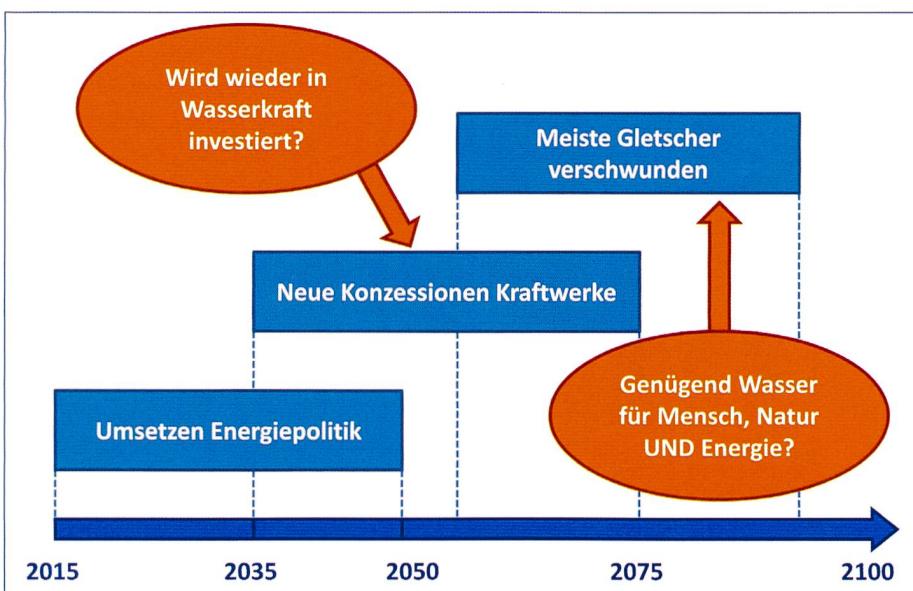


Bild 1. Diese Darstellung zeigt, dass eine nachhaltige Energie- und Wasserpolitik sehr eng zusammenhängen.



Bild 2. Hoover-Staudamm am Colorado-River bei Las Vegas, USA: 1935 fertiggestellt, 35 Mia. m³ Volumen, für die Mehrzwecknutzung des Wassers (Trinkwasser, Bewässerung und Energie) (Foto: Pamela McCreight).

Wasser, um zum richtigen Zeitpunkt Strom zu produzieren? Zudem laufen bis 2050 die meisten Konzessionen der Wasserkraftwerke aus (Heimfall). Wird dann nochmals genügend in die Erneuerung der Wasserkraft investiert (*Bild 1*)?

Insgesamt wird der Schweiz auch um das Jahr 2100 noch genügend Wasser zur Verfügung stehen, aber es wird regional und saisonal sehr ungleich verteilt sein (OCCR et al., 2012). Die grosse Herausforderung wird somit darin bestehen, das Wasser am richtigen Ort und zum richtigen Zeitpunkt verfügbar zu haben. Die temporäre Speicherung von Wasser bietet dazu einen vielversprechenden Lösungsansatz.

Welches sind die Handlungsoptionen, wenn im Alpenraum die natürlichen Speicher Schnee und Gletscher signifikant an Bedeutung verlieren, wenn im Mittelland einige Flüsse oft nur noch ein Rinnbach bilden? Was bedeutet dies für die Wasserversorgung? Können und sollen im Alpenraum die natürlichen Speicher Schnee und Gletscher durch künstliche ersetzt werden, muss im Mittelland zusätzlicher Speicherraum geschaffen werden, um sommerliche Trockenzeiten zu überbrücken? Sind Mehrzweckspeicher, welche mehreren Zwecken und Nutzern dienen, eine geeignete Lösung?

Weltweit bestehen viele Beispiele solcher Mehrzweckspeicher, und dies vor allem in Regionen, die aus klimatischen Gründen (z. B. semiaride Regionen) häu-

fig oder regelmässig mit Trockenheit und Wasserknappheit konfrontiert sind (*Bild 2*).

Die Erfahrung zeigt, dass bei der Realisierung solcher Vorhaben – von der Idee bis zur Inbetriebnahme – viel Zeit verstreicht. Ein vielfach langer politischer Verhandlungsprozess, komplexe Bewilligungsverfahren und der Bau selbst tragen dazu bei, dass man in Zeitdimensionen von Jahrzehnten denken muss, bis ein Werk fertiggestellt ist. Dies sollten wir berücksichtigen, wenn wir über Mehrzweckspeicher diskutieren. Wir müssen heute beginnen, wenn wir in einigen Jahrzehnten bereit sein wollen, nämlich dann, wenn trockene Sommer häufiger vorkommen werden.

Aus diesem Grund fokussieren wir uns in diesem Aufsatz auf die nächsten 70 Jahre und betrachten die Zeiträume um 2050 (in 35 Jahren) und um 2085 (in 70 Jahren) genauer. Wie sieht dann die Wassersituation aus? Welche Probleme sind zu erwarten? Sind diese Probleme überhaupt lösbar?

Dabei gilt es, die verschiedenen Nutzer mit ihren Ansprüchen miteinzubeziehen: den Menschen mit der Trinkwassernutzung, die Landwirtschaft mit steigendem Bedarf an Bewässerungswasser, die Wasserkraft als wichtigen Stützpfeiler der Energieversorgung, den Brauchwasserbedarf der Industrie, den Anspruch des Tourismus nach schönen Wasserlandschaften und nicht zuletzt den Wasserbedarf der Ökosysteme.

2. Zielsetzung und Vorgehen

Mit der vorliegenden Untersuchung sollen die Möglichkeiten und Grenzen von Mehrzweckspeichern anhand von zwei Fallbeispielen, das eine im Mittelland, das andere im Alpenraum, analysiert werden, um daraus wichtige generelle Aussagen zur Bedeutung von Mehrzweckspeichern in der Schweiz abzuleiten.

Ausgangspunkt der Studie bilden verschiedene Arbeiten und Projekte, welche sich in den letzten Jahren intensiv mit dem Fragenkomplex «Wasser und Klima» auseinandergesetzt haben. Es sind dies primär die Projekte «Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung» (SGHL & CHy, 2011), «Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserressourcen und Gewässer» (BAFU, 2012), «Towards quantitative scenarios of climate change impacts in Switzerland» (OCCR et al., 2014) sowie das Nationale Forschungsprogramm 61 «Nachhaltige Wassernutzung» (Leistungsgruppe NFP61, 2015). Es sei bereits hier erwähnt, dass sich aus diesen Projekten ein doch sehr klares Bild zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Hydrologie der Schweiz ergibt. Dies hängt damit zusammen, dass die Wirkungskette Temperaturerhöhung – Beeinflussung von Schnee und Gletscher – Abnahme der Speicherwirkung – Abfluss wegen der sehr wahrscheinlichen Zunahme der Lufttemperatur gut belegbar ist.

Jede Region der Schweiz sieht

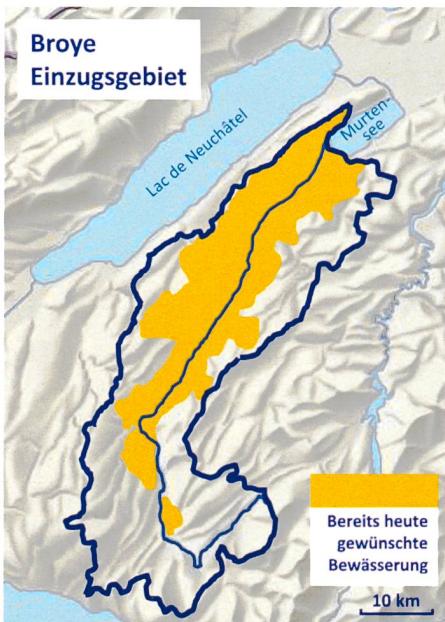


Bild 3. Das Broye-Gebiet wird landwirtschaftlich intensiv genutzt. Der Bewässerungsbedarf ist schon heute gross, wie eine Studie der Kantone Waadt und Freiburg (2010) zeigt (veränderte Darstellung einer Grafik dieser Studie).

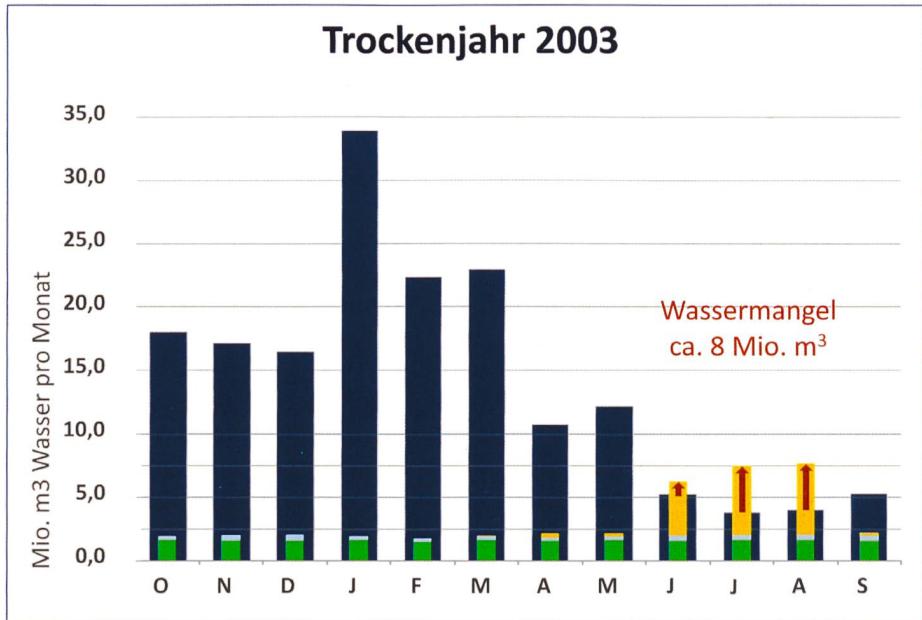


Bild 4. Man sieht deutlich, dass von Oktober 2002 bis Mai 2003 der Wasserüberschuss deutlich höher war als das nachfolgende Defizit im Sommer 2003 (Daten: Abfluss: BAFU, Bedarf Bewässerung: Fuhrer, 2012, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).

sich angesichts des Klimawandels mit mehr oder weniger spezifischen Problemen konfrontiert. Für die vorliegende Studie wurde je ein Einzugsgebiet aus dem westlichen Mittelland, die Broye, und aus dem mittleren Wallis, Region Crans-Montana, ausgewählt. Wie verschiedene Studien (z. B. Meyer, 2012, oder Fuhrer, 2012) zeigen, wird das westliche Mittelland vom Klimawandel stärker betroffen sein als das östliche. In der alpinen Region Crans-Montana besteht dank den Ergebnissen des NFP61-Projekts «MontanAqua» (Weingartner et al., 2014) eine ausgezeichnete Datengrundlage für die vorliegende Studie.

Bei den Analysen in den beiden Regionen wurde das zukünftige Wasserdar-gebot dem zukünftigen Wasserverbrauch gegenübergestellt; dabei wurde von mehreren Szenarien ausgegangen. Aus der Gegenüberstellung von Wasserdar-gebot und -verbrauch liess sich der Speicherbe-darf ableiten. Darauf basierend, wurden konkrete Lösungen erarbeitet, d. h. Spei-cher dimensioniert und mit Hilfe eines GIS-Tools im Gelände verortet (Broye) bzw. be-stehende Speicher in den Lösungsansatz integriert (Crans-Montana).

3. Broye-Einzugsgebiet

Die Broye ist ein kleiner Fluss, dessen Quel- len in den Freiburger Voralpen südwestlich von Bulle liegen und der in den Murtensee mündet. Da das Einzugsgebiet der Broye mit einer Fläche von 850 km² zwischen 430 und 1514 m ü. M. liegt und deshalb über keine Gletscher und nur über eine unbedeutende winterliche Schneedecke verfügt, wird es von sommerlichen Trocken-perioden besonders stark betroffen. Das Abflussregime ist pluvial; es ist hauptsächlich durch die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge geprägt (Weingartner und Aschwanden, 1992).

Die Landwirtschaft nutzt rund zwei Drittel der Flächen (Bild 3), wovon heute nur etwa 5 % bewässert werden. In Zu-kunft müssen jedoch die meisten Kulturen bewässert werden, und mit den zunehmenden Temperaturen wird der Bewäs-serungsbedarf pro Flächeneinheit stark ansteigen (Fuhrer et al., 2013).

Neben der Landwirtschaft als klar wichtigste Flächennutzerin dient die Re-gion immer mehr als Wohngebiet für die naheliegenden Zentren. In den letzten 5 Jahren ist die Bevölkerung um rund 13 % gewachsen (Bundesamt für Statistik) und dürfte in Zukunft weiter wachsen. Dies hat zur Folge, dass auch der Trinkwasserbe-darf in Zukunft ansteigen wird.

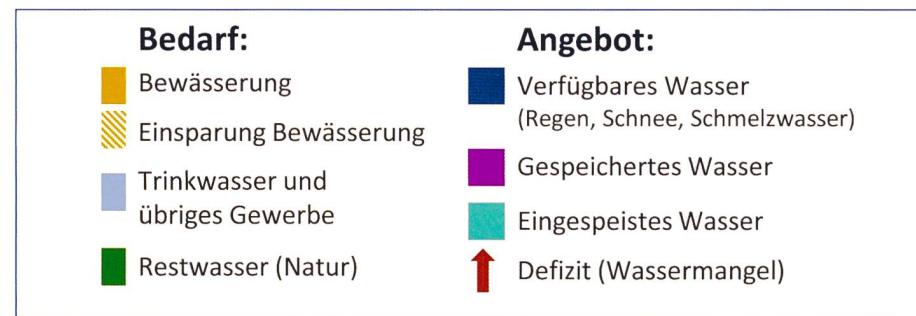


Bild 5. Die obige Legende und diese Erklärung gelten in der Folge für alle Grafiken, welche die Wassersituation darstellen. Die schmalen Säulen stellen den Bedarf der verschiedenen Wassernutzer dar. Die breitere blaue Säule zeigt das verfügbare Wasser und, über den Verbrauchssäulen, auch das theoretische Ressourcen-Potenzial.

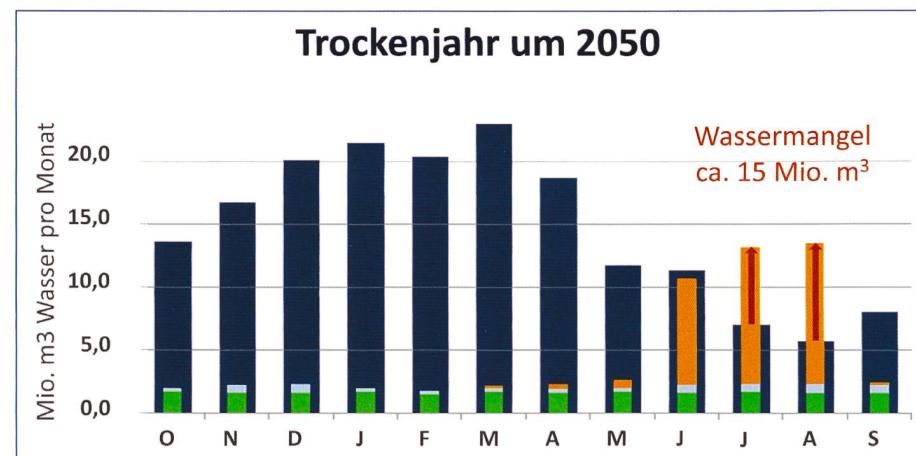


Bild 6. Obwohl um 2050 in einem Trockenjahr insgesamt deutlich weniger Wasser ver-fügbar ist als im Durchschnitt, liegt das theoretische Lagerungspotenzial trotzdem um ein Vielfaches über dem Defizit (Daten: Abfluss: Meyer, R., 2012, Bedarf Bewässerung: Fuhrer J., 2012, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).

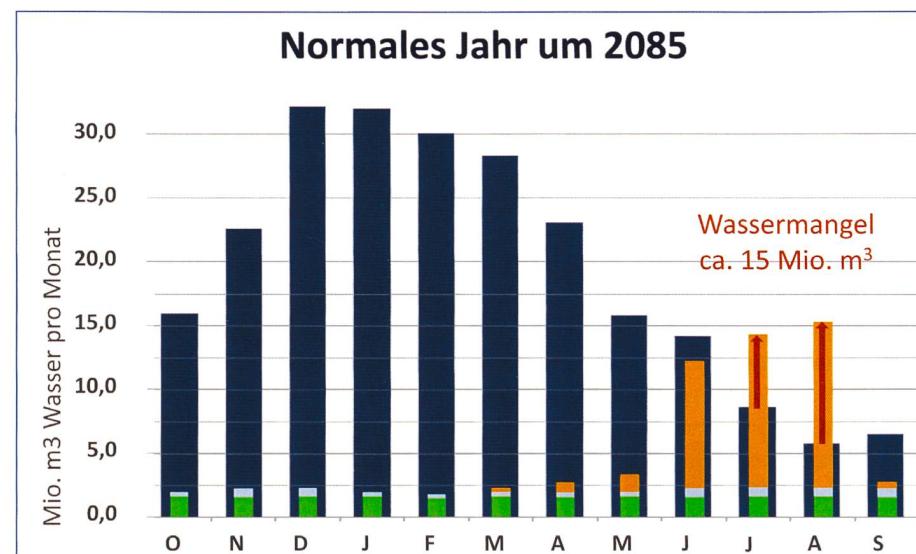


Bild 7. Das sommerliche Wasserdefizit im Gebiet der Broye in einem normalen Jahr um 2085 wird etwa doppelt so hoch sein wie 2003. Das Risiko für die Landwirtschaft dürfte dementsprechend steigen (Daten: Abfluss: Meyer, 2012; Bedarf Bewässerung: Fuhrer, 2012, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).

3.1. Entwicklung der Wassersituation

Im Jahresdurchschnitt steht im Einzugs-gebiet der Broye genügend Wasser zur Verfü-gung; in einem normalen Jahr gibt es heute keine Wasserdefizite, und spe-

zielle Speicher sind nicht notwendig. Die Trockenjahre 2003 und 2015 haben aber deutlich gezeigt, dass eine längere Trockenperiode schnell zu kleinen Abfluss-mengen führt; so waren im Jahr 2003 be-reits die Monate Februar bis Mai ausseror-



Trockenjahr um 2085

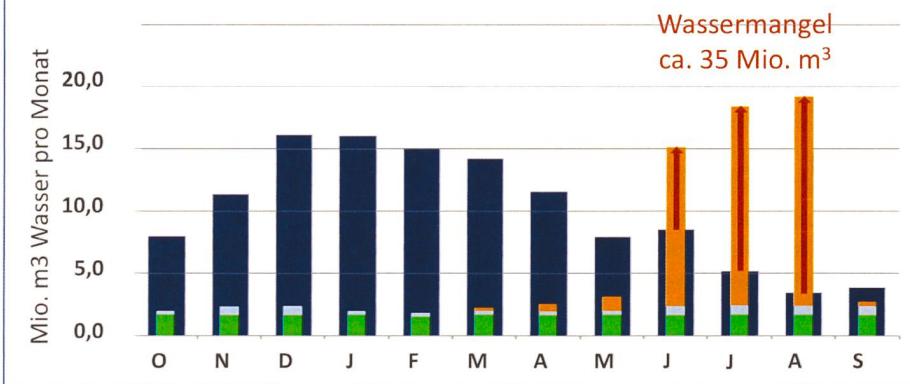


Bild 8. Das sommerliche Wasserdefizit im Gebiet der Broye in einem Trockenjahr um 2085 wird etwa vier Mal hoch sein wie 2003. Es müssen also grosse Mengen an Wasser zur Verfügung stehen, um ein solches Defizit abzudecken (Daten: Abfluss: Meyer, 2012; Bedarf Bewässerung: Fuhrer, 2012, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).

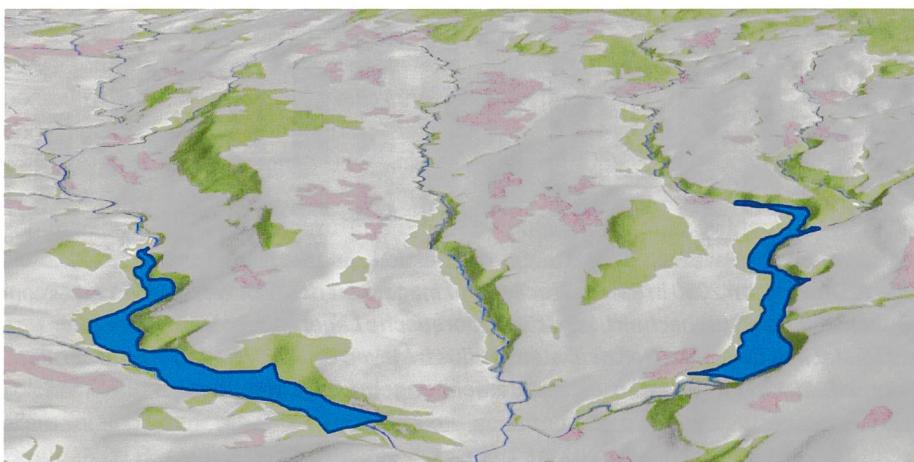


Bild 9. Es gäbe im Broye-Einzugsgebiet Möglichkeiten, genügend Wasser oberhalb der landwirtschaftlichen Gebiete zu speichern und damit die Gravitation nutzen zu können.

Trockenjahr um 2085 - reguliert

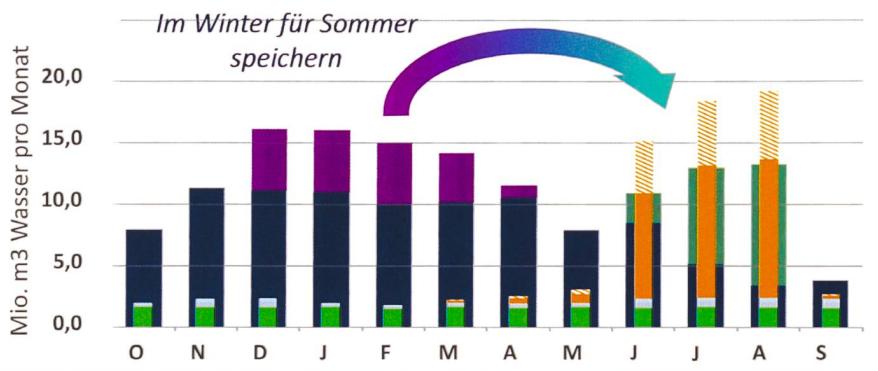


Bild 10. In dieser Grafik sieht man, dass deutlich mehr Wasser abfliesst als gelagert werden kann. Der schraffierte Teil der hellbraunen Säulen entspricht den Einsparungen, welche die landwirtschaftliche Bewässerung mittels Technik und Sortenwahl machen muss (Daten: Abfluss: Meyer, 2012; Bedarf Bewässerung: Fuhrer, 2012, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).

dentlich trocken. Dies hatte zusammen mit dem trockenen und heißen Sommer eine extreme Niederwassersituation zur Folge.

Zudem nahm der Wasserbedarf der Pflanzen infolge der außerordentlich hohen Temperaturen zu, wie auch der Umfang

der bewässerten Flächen. Von Anfang Juni bis Ende August 2003 kumulierte sich das Wasserdefizit in der Region auf 8 Mio. m³ Wasser (Bild 4, Bild 5). Dies verursachte einerseits grosse Probleme für die Landwirtschaft wie auch für die Ökosysteme. Andererseits lag das kumulierte theoretische Ressourcen-Potenzial von überschüssigem Wasser in den Monaten davor – trotz trockenem Frühjahr – bei 140 Mio. m³, also etwa 17 mal mehr als im Sommer gefehlt hatte. Unter «theoretischem Ressourcen-Potenzial» verstehen wir die Differenz zwischen den monatlichen Abflüssen und dem monatlichen Wasserbedarf inklusive Restwasser, Trinkwasser, Industrie und Bewässerung. Wir sprechen vom «theoretischen Potenzial», weil in der Praxis nicht das gesamte Potenzial gefasst und gespeichert werden kann. Somit ist das nutzbare Potenzial kleiner als das theoretische. Die berechneten Werte basieren in der Regel auf den mittleren prognostizierten Abflusswerten..

3.2. Zukünftige Defizite

Situations wie 2003 wird es bereits in naher Zukunft öfter geben (Meyer, 2012; Fuhrer et al., 2013). In einem normalen Jahr um 2050 dürfte dann das Wasser im Sommer wohl gerade noch reichen, um alle Bedürfnisse der Nutzer zu befriedigen. Jedoch ist dann bereits etwa alle 5 Jahre mit einem Trockensommer zu rechnen. Dann dürfte das Defizit mit etwa 15 Mio. m³ rund doppelt so hoch sein wie 2003 (Bild 6). Aber es wäre wiederum möglich, in den Monaten zuvor genügend Wasser zu speichern, denn das theoretische Ressourcen-Potenzial betrüge selbst in einem solchen Trockenjahr etwa 130 Mio. m³. Die Lösung des Wasserproblems ist also der Schlüssel zur Erhaltung dieser für die schweizerische Landwirtschaft bedeutende Region.

Wie sieht es aber gegen Ende des Jahrhunderts, in 70 Jahren, in dieser Region aus? Geht dann der Landwirtschaft endgültig das Wasser aus? Um das Jahr 2085 wird sich die mittlere Jahresniederschlagsmenge gegenüber heute nur unwesentlich verändern (CH2011, 2011). Der grösste Teil des Niederschlags wird jedoch im Winter fallen, und nur wenig wird als Schnee liegen bleiben. Die Sommer werden markant trockener ausfallen.

Um 2085 wird es in einem durchschnittlichen Jahr im Sommer ein grösseres Defizit geben als im als extrem empfundenen Trockenjahr 2003; es werden im Durchschnitt jeden Sommer etwa 15 Mio. m³ Wasser fehlen (Bild 7). Vor allem die Landwirtschaft wird wesentlich

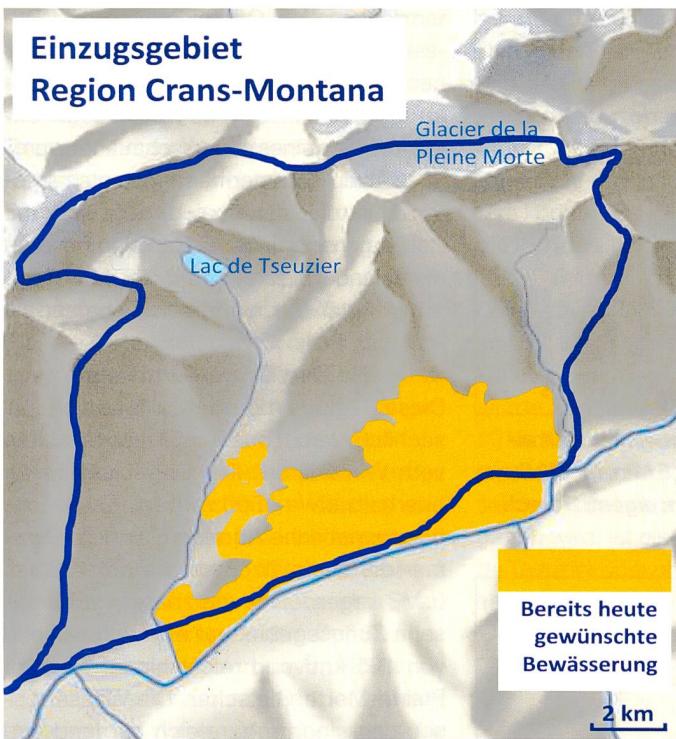


Bild 11. (Bonriposi, 2013) die eingefärbten Flächen stellen die verschiedenen zu bewässernden landwirtschaftlichen Flächen dar. Grafik gegenüber dieser Studie vereinfacht.

mehr Wasser benötigen, da höhere Durchschnittstemperaturen zu einem deutlich höheren Wasserbedarf der Pflanzen führen werden. Da sich aber – wie bereits erwähnt – die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern und im Winter sogar zunehmen wird, ist in normalen Jahren das kumulierte theoretische Ressourcen-Potenzial nach wie vor sehr gross (rund 180 Mio. m³).

Mit dem wärmeren Klima werden auch die Sommer-Trockenperioden häufiger auftreten und länger andauern. In einem Trockenjahr um 2085 wird das Defizit deshalb noch zusätzlich ansteigen und kann etwa 35 Mio. m³ betragen (*Bild 8*). Als Folge werden die Bäche wenig bis gar kein Wasser führen. Auch die Wasserführung der Broye wird ohne geeignete Massnahmen minimal sein, oder die Broye könnte sogar austrocknen, mit entsprechend negativen Folgen für Fauna und Flora. Aber – und das ist sehr wichtig – sogar in einem solchen trockenen Jahr könnte über den Winter viel mehr Wasser akkumuliert werden (theoretisches Ressourcen-Potenzial etwa 80 Mio. m³) als im darauf folgenden Sommer benötigt wird.

Die präsentierten Zahlen zeigen, auch wenn sie mit Unsicherheiten behaftet sind: Die Umlagerung des Abflusses vom Winter in den Sommer ist eine Herausforderung, aber auch eine Chance für die zukünftige Wasserversorgung der Region.

3.3. Lösungsansätze

a) Bisherige Studien

Zum Umgang mit der Wasserknappheit in der Broye-Region gibt es bereits einige Forschungsarbeiten. Innerhalb des Nationalen Forschungsprogrammes 61 (NFP 61) «Nachhaltige Wassernutzung» wurde im Projekt AGWAM (*Führer et al., 2013*) untersucht, welchen Wasserbedarf die Landwirtschaft in Zukunft aufweisen wird und ob dieser mittels neuer Bewässerungstechniken und geeigneter Sortenwahl reduziert werden könnte.

Nach dem extrem trockenen Sommer im Jahr 2003 wurde von einer Gruppe von Landwirten ein Projekt realisiert (*Béguin, 2007*), welches Wasser aus dem tiefer liegenden Neuenburger See in die Broye-Region pumpt; theoretisch könnten bis zu 10 % der Flächen bewässert werden. Bei diesem an sich pragmatischen Projekte besteht aber das Problem, dass in sehr extremen Trockenjahren gar kein Wasser aus den Seen entnommen werden darf, da eine minimale Restwassermenge für die Flüsse oberste Priorität hat. Ein weiterer grosser Nachteil dieser Lösung sind die hohen Energiekosten für das Pumpen des Seewassers auf die landwirtschaftlichen Flächen.

In einer Studie zur Situation der Broye-Ebene (*Etat de Vaud et Etat de Fribourg, 2010*) wurde vorgeschlagen, das

Wasserverteilung Region Crans-Montana

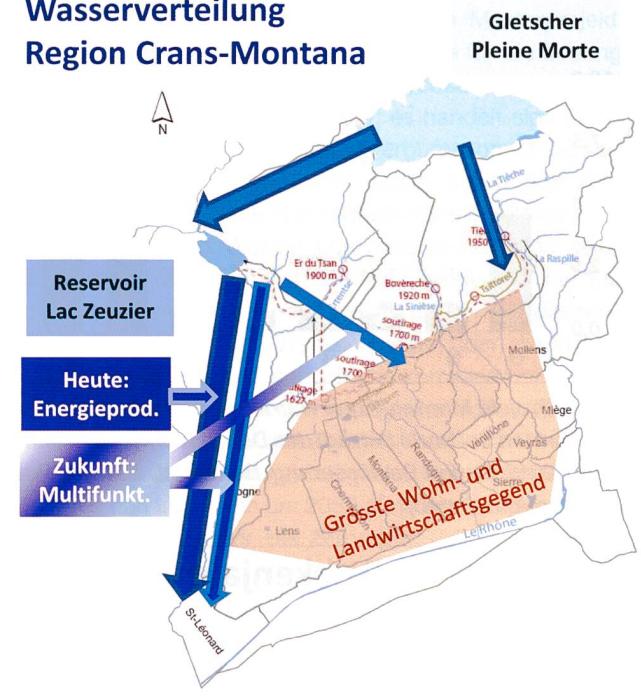


Bild 12. Um Trinkwasser im Zentrum von Crans-Montana zu sichern sowie für die Bewässerung bei Trockenheit kann die multifunktionale Nutzung des Lac Tseuzier eine interessante Lösung darstellen.

alte Flussbett der Broye unterhalb Payerne für eine Zwischenspeicherung des Wassers zu verwenden. So könnten jedoch nur etwa 0.6 Mio. m³ Wasser gespeichert werden, was bei Weitem nicht ausreichen würde. Diese Studie weist aber in die richtige Richtung, wie die nachfolgenden Ausführungen belegen.

b) Neue Seen als Lösung für die Zukunft

Gibt es genügend Speichermöglichkeiten und -orte, um das sommerliche Wasserdéfizit durch den Rückhalt des im Winter reichlich vorhandenen Wassers zu kompensieren? Infrage kommende Speicher müssen vor allem den folgenden Ansprüchen genügen:

1. Sie sollten innerhalb des Gebiets liegen, um lange Transportwege des Wassers zu vermeiden und wasserwirtschaftlich sinnvolle und nachhaltige Lösungen anzustreben.
2. Sie sollten möglichst oberhalb der Landwirtschaftsflächen liegen, damit das Wasser ohne zusätzlichen Energieaufwand, also ohne Pumpen, den Bewässerungsfeldern zugeführt werden kann.
3. Sie sollten so dimensioniert sein, dass sie relativ grosse Volumina speichern können.

Für eine konkrete Umsetzung müsste sich die Bevölkerung darüber einig

Trockenjahr um 2050

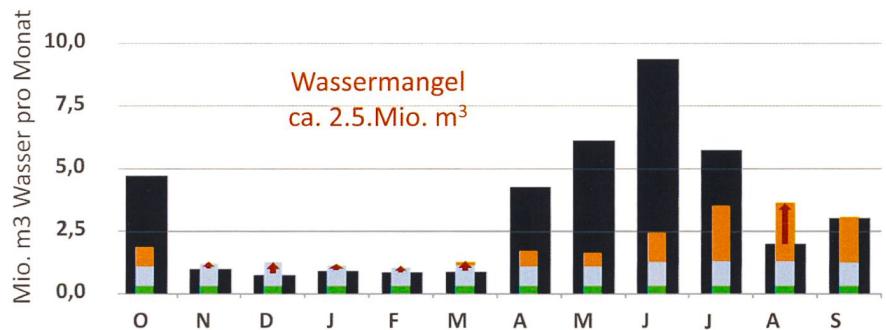


Bild 13. Im Projekt Montan-Aqua wurden verschiedene Szenarien entwickelt. Mit einem moderaten Szenario beträgt das Defizit wie in der Grafik rund 1,5 Mio. m³ (Abfluss: Kauzlaric, 2015, Bedarf Bewässerung: Bonriposi, 2013, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).

Trockenjahr um 2085

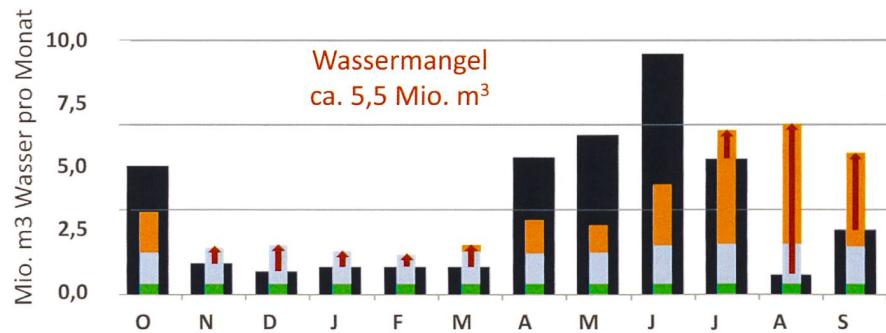


Bild 14. Um 2085 sind die verfügbaren Wassermengen ungenügend, und ab Juli bis März weist lediglich der Monat Oktober kein Defizit auf (Abfluss: Kauzlaric, 2015, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).

werden, wie die Zukunft der Region aussehen soll. In der vorliegenden Skizze sind wir davon ausgegangen, dass auch in Zukunft eine funktionierende Landwirtschaft die wirtschaftliche Basis der Region bleibt. Weiter wird vorausgesetzt, dass die Einwohnerzahlen wegen der guten Verkehrsanbindung weiter wachsen werden.

Im Rahmen dieser Studie wurde die Region systematisch nach möglichen Speicherorten untersucht. Mithilfe von GIS-Werkzeugen wurden die jeweils verfügbaren Speichervolumina berechnet. Wie Bild 9 zeigt, konnten konkrete Standorte ausserhalb der Wohn- und Landwirtschaftsgebiete identifiziert werden. Deren gesamtes Speichervolumen beträgt rund 20 Mio. m³. Es wurde auch geprüft, ob sich diese Reservoirs durch den Abfluss während Winter und Frühling auffüllen lassen und dabei genügende Restwassermengen garantiert werden können, und zwar auch unter zukünftigen Bedingungen.

Diese gespeicherte Menge (ca. 20 Mio. m³) würde der Landwirtschaft um 2085 in normalen Jahren genügend Wasser liefern. Damit auch Trockenjahre über-

brückt werden können, sind aber auch weitergehende Massnahmen wie Optimierung der Bewässerungstechnik und/oder geeignete Sortenwahl notwendig (Bild 10).

In diesem Zusammenhang seien auch mögliche Zusatznutzen solcher Speicher genannt, Zusatznutzen notabene, welche sie zu echten Mehrzweckspeichern machen:

- wichtige Naherholungsgebiete
- Wasserkraftnutzung: Unsere groben Abschätzungen gehen von einer Jahresproduktion aus, die ein kleineres Dorf versorgen könnte.

3.4. Schlussfolgerungen für die Broye-Region

- Der um 2085 notwendige Wasserbedarf wird bis zu vier Mal grösser sein als im Trockenjahr 2003.
- Die im Sommer zusätzlich benötigten Wassermengen können nur über neue Wasserspeicher bereitgestellt werden.
- Mögliche Standorte für künstliche Seen als Mehrzweckspeicher sind vorhanden und könnten auch um 2085 in normalen Jahren den Wasserbedarf

decken. Mit Optimierungen von Bewässerungstechnik und Sortenwahl können auch Trockensommer bewältigt werden.

- Im Sinne eines vorausschauenden proaktiven Wassermanagements empfehlen wir der Region, sich aktiv mit Fragen der Wasserspeicherung auseinanderzusetzen und die Massnahmenplanung in Angriff zu nehmen.

4. Region Crans-Montana

Diese Region im Zentralwallis lebt hauptsächlich vom Tourismus, insbesondere vom Wintersport. Die Skigebiete liegen oberhalb etwa 1500 m ü. M. Eine wichtige touristische Attraktion sind im Sommer die Golfplätze, welche auf 1500 m ü. M. liegen. Das nutzbare hydrologische Zuflussgebiet hat etwa eine Fläche von 165 km² und reicht hinauf bis zum Plaine-Morte-Gletscher. Die Wasserressourcen sind im Vergleich zur landwirtschaftlichen Fläche und der Bevölkerung gross (Bild 11), da im hochalpinen Teil – im Gegensatz zu den Tallagen – die Niederschläge reichlich fallen (Kauzlaric, 2015). Neben dem Tourismus bildet die Energieproduktion aus Wasserkraft einen bedeutenden Wirtschaftspfeiler. Die Tourismusdestination Crans Montana liegt auf einem Hochplateau. Dieses bildet die Kernregion des Untersuchungsgebietes (siehe Bild 12).

4.1. Wassersituation in der Region Crans-Montana um 2050

Mit dem Projekt «MontanAqua», welches im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 61 «Nachhaltige Wassernutzung» ausgeführt wurde, wurde die Situation in dieser Region um 2050 genau analysiert. Die wichtigsten Erkenntnisse daraus waren (Weingartner et al., 2014):

- Die heute und um 2050 verfügbaren Wassermengen sind in der Regel genügend. Saisonal können aber in Teilländern Wasserpässse auftreten.
- Die sozio-ökonomischen Veränderungen werden die grösseren Auswirkungen auf den Wasserbedarf haben als die Klimaänderung.
- Um eine nachhaltige Wassernutzung zu gewährleisten, ist eine regionale Zusammenarbeit unabdingbar.

4.2. Gletscher Plaine Morte und Speichersee Lac de Tseuzier

Eine entscheidende Rolle für die Region spielt der Plaine-Morte-Gletscher, welcher durch sein Schmelzwasser im Sommerhalbjahr eine wichtige Wasserressource

darstellt. Er versorgt einerseits die Berner Seite (Simme) mit Schmelzwasser und leistet andererseits auf der Walliser Seite einen wichtigen Beitrag zum Speichersee Lac de Tseuzier und zur Wasserversorgung in der Region von Crans-Montana (Huss, 2013). Die Schmelzwassermenge dürfte durch das kontinuierliche Abschmelzen des Gletschers um 2050 sogar noch grösser sein als heute. Aber bereits um 2085 dürfte der Plaine-Morte-Gletscher vollständig abgeschmolzen sein (Schleiss, 2013; Huss, 2013), was entsprechende Auswirkungen auf das Wassertagebot haben wird.

Der überwiegende Anteil des im Lac de Tseuzier gespeicherten Wassers wird heute für die Energieproduktion genutzt. Grundsätzlich könnten Wasserengpässe in der Region mit dem bestehenden Speichersee überbrückt werden. Der See besitzt ein nutzbares Volumen von 50 Mio. m³ (Bild 12). Das Gesamtvolumen der anderen bestehenden Wasserspeicher, welche für Trinkwasser und Landwirtschaft gebaut wurden, beträgt lediglich 0.7 Mio m³ (Bonriposi, 2013).

Eine wichtige Rahmenbedingung für die zukünftige Entwicklung ist, dass die Produktivität der Wasserkraft zumindest erhalten bleibt. Deshalb kann nicht einfach die Stromproduktion reduziert werden, wenn andere Wassernutzer einen Bedarf haben, sondern es muss eine Lösung gefunden werden, welche die Stromproduktion nicht reduziert, sondern allen Nutzern genügend Wasser zur Verfügung stellt.

4.3. Zukünftige Defizite in der Region Crans-Montana

Um 2050 sind in einem Trockenjahr vor allem im August Wasserdefizite zu erwarten. Letztere können – je nach Szenario – bis zu 2.5 Mio. m³ betragen (Bild 13). Je nach Entwicklungsszenario kann der Wasserverbrauch in der Region weiter zunehmen.

Im Gegensatz zur Broye-Region wird im Winter der grösste Teil des Niederschlags als Schnee gespeichert. Daher werden um 2050 die Sommertrockenperioden nach wie vor durch die Schnee- und Gletscherschmelze kompensiert. Im Prinzip könnte das Defizit noch ohne den Lac de Tseuzier abgedeckt werden, zum Beispiel mit zusätzlichen Wasserfassungen in ungenutzten Einzugsgebieten; das noch verfügbare theoretische Ressourcen-Potenzial beträgt etwa 10 Mio. m³.

In einem Trockenjahr um 2085 fällt nun aber ins Gewicht, dass kein Gletscherwasser mehr zur Verfügung steht, und dass auch der Bewässerungsbedarf wegen der durchschnittlich höheren Tem-

peraturen deutlich steigt. Dadurch tritt das Defizit im Sommer etwas früher (Juli) auf und ist viel grösser (Bild 14). Eine offene Frage bleibt, ob es dann noch Wintertourismus und – damit verbunden – eine Kunstsneeproduktion geben wird. Letztere könnte das Winterdefizit zusätzlich in die Höhe treiben.

Bild 14 zeigt deutlich das Risiko, dass sich die Defizite im Spätsommer und im darauf folgenden Winter kumulieren könnten, was den Speicherbedarf erhöhen würde. Insgesamt kann das Defizit über 10 Mio. m³ betragen. Da das kumulierte theoretische Ressourcen-Potenzial in einem solchen Jahr lediglich etwa 5.5 Mio. m³ betragen wird, ist eine Lösung ohne den Lac de Tseuzier oder ohne einen anderen grösseren neuen Speicher nicht mehr möglich.

4.4. Projekt Lienne-Raspille

Basierend auf einem Masterprojekt der ETH Lausanne wurde für die Lösung der Probleme ein interessantes Projekt entwickelt (Bild 15); es handelt sich dabei um einen Wasserverbund von 13 Gemeinden (Rey, 2010). Dabei sollen drei zusätzliche Wasserfassungen entstehen und das Wasser über teils bestehende, teils neu zu erstellende Leitungen in den Lac de Tseuzier geleitet werden. Von diesem kann das Wasser wieder über die vernetzten Wassersysteme von allen beteiligten Gemeinden bezogen werden, um mögliche Defizite abzudecken. Durch dieses Projekt wird es möglich, auch in trockenen Jahren um 2085 ähnliche Mengen an Wasser für die Stromproduktion zur Verfügung zu stellen wie heute, und dies trotz Mehr-

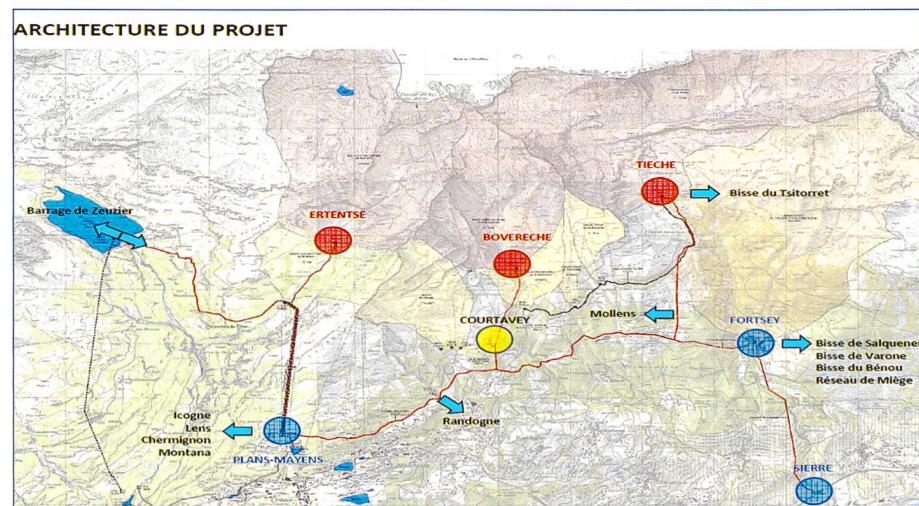


Bild 15. Die Wasserversorgungen von 13 Gemeinden werden vernetzt, 3 neue Wasserfassungen erstellt, und das Wasser wird im Lac de Tseuzier gespeichert (Aus Rey, 2015).

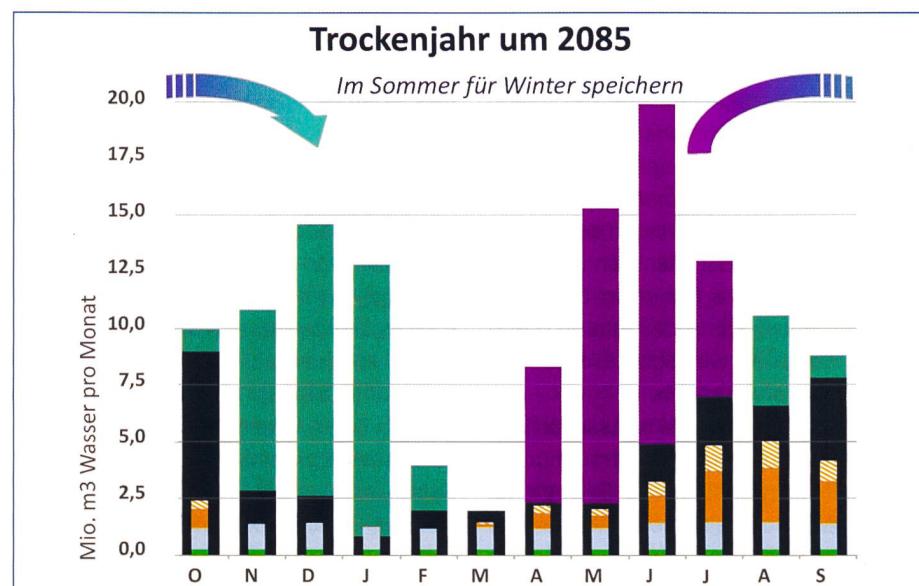


Bild 16. Durch den Verbund der Wasserversorgungen werden Unterschiede nivelliert, insgesamt steht eine grössere Wassermenge zur Verfügung. Das im Frühjahr gespeicherte Wasser kann im Spätsommer und im Winter die Defizite abdecken und zusätzlich die Stromproduktion auf ähnlich hohem Niveau halten wie heute (Abfluss: Kauzlaric, 2015, übrige Daten: eigene Berechnungen und Annahmen).



fachnutzung des Lac de Tseuzier (*Bild 16*).

Seit Kurzem sind sich alle 13 Gemeinden der Region einig, dass das Projekt definitiv ausgearbeitet werden soll.

4.5. Das Wallis hat langfristige Strategien verabschiedet

Mit neuen Strategien im Bereich Wasser (Kt. Wallis, 2013) und Energie (Kt. Wallis, 2015) hat der Kanton Wallis wichtige Voraussetzungen geschaffen, um den Forderungen in Kap. 4.1. nachzukommen.

Die Wasserstrategie hält klar fest, dass die Versorgung der Bevölkerung erste Priorität hat. Die Wasserkraft wird anderen Nutzern wie Landwirtschaft und Tourismus gleichgestellt, um eine gerechte Wasserverteilung zu garantieren.

Die Energiestrategie des Kantons definiert, dass beim Heimfall der Wasserkraftwerke (Wyer, 2008) die Öffentlichkeit 60 % der Anteile übernehmen soll, und zwar Kanton und Gemeinden je 30%; die restlichen 40 % sollen am Markt platziert werden. Damit bestehen gute Voraussetzungen für die Umnutzung der Speicherseen zu Mehrzweckspeichern.

Diese Strategien sind nun konsequent in Planungen und Massnahmen zu überführen. Gesetzeslücken auf kantonaler Ebene müssen geschlossen werden, um damit auch Wasserkonflikte zu vermeiden. Entscheidend für den Erfolg wird sein, dass die entsprechenden finanziellen Mittel (Bund, Kanton, Gemeinden) zur Verfügung gestellt werden. Letztlich geht es um ein interregionales Wassermanagement im ganzen Wallis.

4.6. Schlussfolgerungen für die Region Crans-Montana

- In einem Trockenjahr um 2085 kann das Wasserdefizit ohne den Lac de Tseuzier oder ohne eine andere Speicherlösung nicht mehr abgedeckt werden. Das Verschwinden des Plaine-Morte-Gletschers fällt dann ebenso ins Gewicht wie die sozio-ökonomischen Entwicklung der Region. Letztere hat einen wichtigen Einfluss auf den Wasserverbrauch.
- Für die Deckung der Wasserdefizite sind die Hochlagen im Untersuchungsgebiet von grundlegender Bedeutung. Deshalb muss einerseits Wasser von diesen Gebieten zugeführt werden, andererseits müssen neue Speicher geschaffen respektive bestehende so genutzt werden, dass die Defizite abgedeckt werden können. Das Projekt Lienne-Raspille mit der Nutzung des Tseuzier-Stausees als Mehrzweck-

speicher könnte der Schlüssel zu einem erfolgreichen Wassermanagement sein.

- Ein regionales Wassermanagement sowie eine Initialfinanzierung auf kantonaler Ebene sind notwendig, damit die kantonale Wasserstrategie wie auch das Projekt Lienne-Raspille keine blosen Absichtserklärungen bleiben.

5. Erkenntnisse aus diesem Projekt

Die vorliegende Studie hat klar aufgezeigt, dass in gewissen Regionen in Zukunft Mehrzweckspeicher unbedingt notwendig sein werden, um sommerliche Wasserdifizite durch die reichlichen Niederschläge im Winter zu kompensieren. Solche künstliche Speicher übernehmen die Funktion der natürlichen Speicher Schnee und Eis. Beispiele aus dem Ausland belegen den Zusatznutzen solcher Mehrzweckspeicher. Dazu wird aber ein regionales Wassermanagement benötigt, welches auch die unterschiedlichen Nutzerbedürfnisse miteinbezieht.

Es muss ein eigentlicher Paradigmenwechsel von der blosen Nutzung des verfügbaren Wassers zu einem Management des Wasserverbrauchs vollzogen werden. Dabei gilt es, auch Aspekte des Hochwasserschutzes mit zu berücksichtigen (vgl. z. B. www.kwm.ch, 2015).

Solche Projekte zur Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft sind jetzt anzustossen, in der Politik und in der Gesellschaft. Jetzt ist der richtige Zeitpunkt, jetzt ist es noch nicht zu spät.

Literatur

- Béguin, J., Géomatique Suisse (2007): Irrigation dans la Broye fribourgeoise: trois exploitants agricoles se jettent à l'eau.*
- Bonriposi, M. (2013): Analyse systématique et prospective des usages de l'eau dans la région de Crans-Montana-Sierre.*
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012): Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro).*
- BUWAL, BWG, MeteoSchweiz (2004): Auswirkungen des Hitzesommers auf die Gewässer.*
- Canton du Valais (2015): Stratégie Forces Hydrauliques – Rapport Explicatif, Canton du Valais.*
- CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios CH2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88 pp. ISBN: 978-3-033-03065-7.*
- Etat de Vaud, Etat de Fribourg (2010): Diagnostic de la Pleine de la Broye, Secteur Moudon – Lac Morat.*
- Führer, Agroscope (2012): Bewässerungsbedarf und Wasserdargebot unter heutigen und künftigen Klimabedingungen.*
- Huss, M., Voinesco, Hözle, M. (2013): Implications of climate change on Glacier de la Plaine Morte, Switzerland.*
- Kanton Wallis (2013): Wasserstrategie des Kantons Wallis – Schlussbericht.*
- Kauzlaric, M., Schädler, B. (2015): A physically based hydrological framework to assess the effects of climate change in a data sparse alpine environment.*
- Leitungsgruppe NFP61 (2015): Faktenblatt: Ergebnisse und Empfehlungen des Nationalen Forschungsprogrammes «Nachhaltige Wassernutzung» NFP 61.*
- Meyer, R. (2012): Die Auswirkungen der projizierten Klimaänderung auf Sommerniedrigwasser im Schweizer Mittelland, basierend auf einer multi-variablen Kalibrierung des hydrologischen Modellsystems PREVAH.*
- OCRR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope, and ProClim (2014): CH2014-Impacts, Towards Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland. Bern, Switzerland, 136 pp. ISBN 978-3-033-04406-7.*
- Rey, Y. 2010: Nouveau Concept de gestion des eaux de la région de Crans-Montana.*
- Rey, Y. 2015: Lienne-Raspille, Projet Régional de gestion des eaux.*
- Schleiss, A. (2013): Gletscherschwund und Chancen der Wasserkraft in der Schweiz.*
- SGHL & CHY (2011): Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung.*
- Staatsrat des Kantons Wallis (2014): Wasserstrategie des Kantons Wallis.*
- Weingartner R., et al. (2014): Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalen Wandel, Forschungsbericht NFP-61.*
- Weingartner, R., Aschwanden, H. (1992): Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Tafel 5.2. Bundesamt für Umwelt, Bern.*
- www.kwm.ch, Kraftwerke Mattmark AG (2015): Kapitel «Kraftwerke Mattmark».*
- Wyer, H. (2008): Die Nutzung der Wasserkraft im Wallis – Geschichte, Heimfall, Recht.*
- Zappa, M., Bernhard, L., Fundel F., Jörg-Hess, S. (2012): Vorhersage und Szenarien von Schnee- und Wasserressourcen im Alpenraum.*

Anschrift der Verfasser

Walter Thut, Rolf Weingartner, Bruno Schädler, Oeschger Zentrum für Klimaforschung, Gruppe für Hydrologie, Universität Bern, Hallerstr. 12, CH-3012 Bern

contact@walterthut.com