## Vom Gletscher zum Speichersee

Der Gletscher Plaine Morte ist für die Wasserversorgung auf der Berner und auf der Walliser Seite wichtig. Sein Schmelzwasser nimmt bis 2050 zu und versiegt um 2085 mit dem vollständigen Abschmelzen.

Heute können in der Region rund 51 Mio. $m^3$ Wasser künstlich gespeichert werden; 50 Mio. im Lac de Tseuzier für die Energieproduktion und 0.7 Mio. in den restlichen Wasserspeichern für Trinkwasser und Bewässerung.

Die **Wasserknappheit** im Sommer wird im Jahr 2085 bereits im Juli eintreten und grösser sein, wegen des fehlenden Schmelzwassers der Gletscher und des steigenden Bewässerungsbedarfs durch höhere Temperaturen. Dieser Wassermangel kann sich bis Ende Winter kumulieren und jährlich 5.5 Mio. $m^3$ betragen (Abb. 6). Ohne Gletscher kann diese saisonal fehlende Wassermenge im Jahr 2085 nur noch mittels Speicherseen bereitgestellt werden. Mit dem Projekt «Lienne-Raspille» (2016) haben sich daher die Gemeinden der Region mit dem Lac de Tseuzier vernetzt. Der Stausee soll nun als **Mehrzweckspeicher** auch für Bewässerung und Trinkwasser genutzt werden. Mit dem Wasserverbund, neuen Wasserfassungen und -leitungen wird dem See zusätzlich Wasser zugeführt (Abb. 6 und 7). Dies ermöglicht die Stromproduktion auf ähnlich hohem Niveau zu halten. Die zentrale Grundlage für das Gelingen eines solchen Projekts ist, dass alle betroffenen Gemeinden und Akteure bereit sind zur Zusammenarbeit und sich über ein **integriertes Wassermanagement** zusammenschliessen (Abb. 6). Für Urs Kuonen, Gemeindepräsident von Salgesch, ist klar: «Dieses Projekt bietet eine gerechte, ich würde sogar sagen eine ideale Lösung zwischen Ahnenrechten, Wasserrechten und der Verteilung der Finanzierungsverpflichtung auf die Gemeinden, von denen keine dieses Projekt allein verwirklichen kann.»



*Abb. 5: Die aktuell 800 Mio. Kubikmeter Eis des Gletschers Plaine Morte werden 2085 abgeschmolzen sein. (Foto: Tom Reist)*

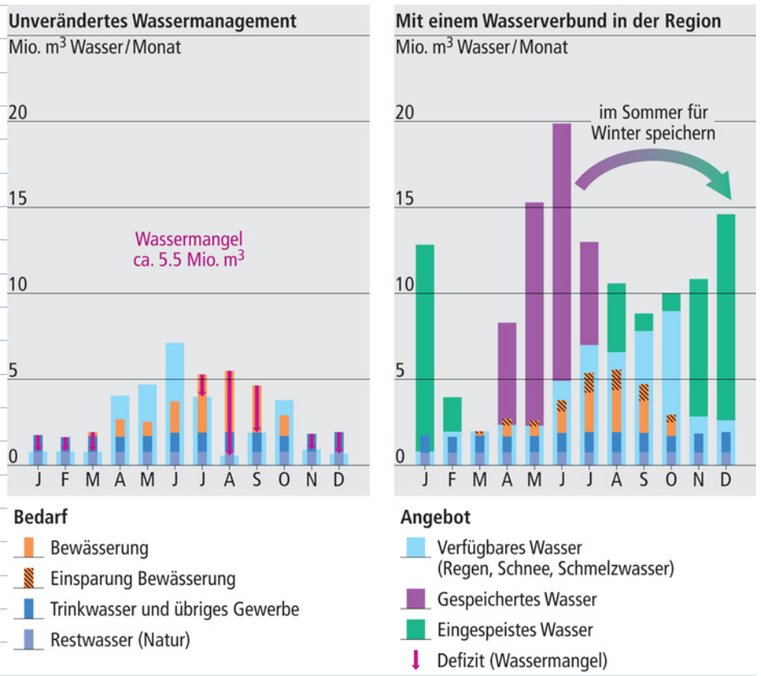



*Abb. 6: Wasserversorgung in einem Trockenjahr um 2085 (Thut W. et al., 2016a)*

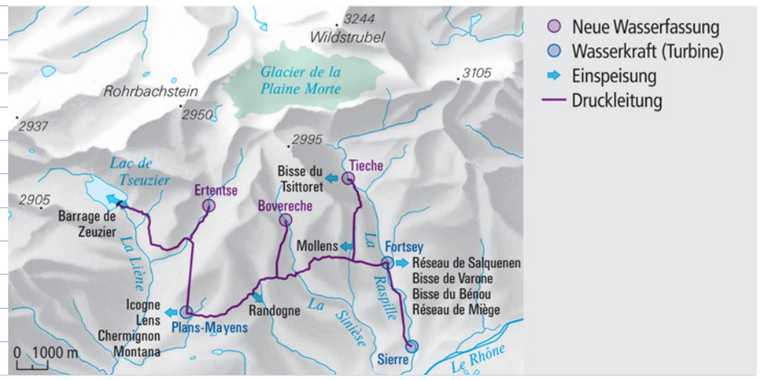



*Abb. 7: Projekt Lienne-Raspille 2016 (nach Cordonier & Rey, Ingénieurs et géomètres, 2015)*

© Hydrologischer Atlas der Schweiz • Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern • Matthias Probst



# Wasserbewirtschaftung bis 2100

Der **Klimawandel** ist in der Schweiz messbar und sichtbar geworden: Die Gletscher schmelzen ab, die durchschnittliche Höhenlage der Schneegrenze steigt und das Schneevolumen nimmt ab. Mit dem Rückgang dieser Wasserspeicher sind bereits heute Regionen im Alpenraum mit Wasserknappheit konfrontiert. Gleichzeitig verändern sich die Ansprüche von Gesellschaft und Wirtschaft an die Wassernutzung, was beispielsweise in der Energie- und Wasserpolitik zum Ausdruck kommt (Abb. 2).

In der Region Crans-Montana-Sierre kann das Wasser in Zukunft knapp werden. Zudem sind in den Gemeinden viele Wassernutzungen und unterschiedliche Interessen vertreten (Abb. 1). Entsprechend komplex ist die **Wasserbewirtschaftung**, die einen optimalen Ausgleich zwischen Wasserdargebot und Wassernutzung schaffen soll. Auf solche Herausforderungen können sich Regionen mit der Umsetzung eines integrierten **Wassermanagements IWM** vorbereiten. Darunter wird eine enge und langfristige Zusammenarbeit bei der Wasserbewirtschaftung zwischen allen beteiligten Akteuren einer Region verstanden.

Die Entwicklung eines IWM in einer Region verlangt einen systematischen, wissensbasierten Ansatz über drei Stufen (Abb. 3): Um das **Zielwissen** zu bestimmen, handeln Beteiligte und Betroffene Szenarien für die sozioökonomische Entwicklung der Region aus. Zu diesen Szenarien und zur heutigen Situation stellt die Wissenschaft **Systemwissen** bereit, indem sie entscheidende Prozesse zu Wasserdargebot und -nutzung untersucht. Die Beteiligten wählen ausgehend von diesen Kenntnissen ein Szenario und handeln Massnahmen zur Umsetzung der Ziele aus (**Transformationswissen**).



*Abb. 1: Der Wasserbedarf hat sich in Crans-Montana seit 1970 (Aufnahme) durch die Entwicklung von Bevölkerung, Tourismus, Landwirtschaft und Wasserkraft stark verändert. (Foto: Swissair Photo AG, ETH-Bibliothek Zürich)*

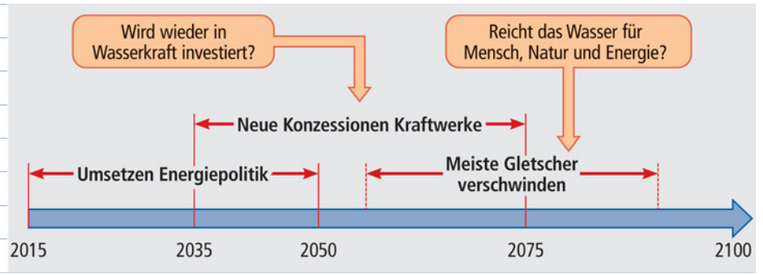



*Abb. 2: Energie- und Wasserpolitik bis 2100 (nach Thut W. et al., 2016a)*

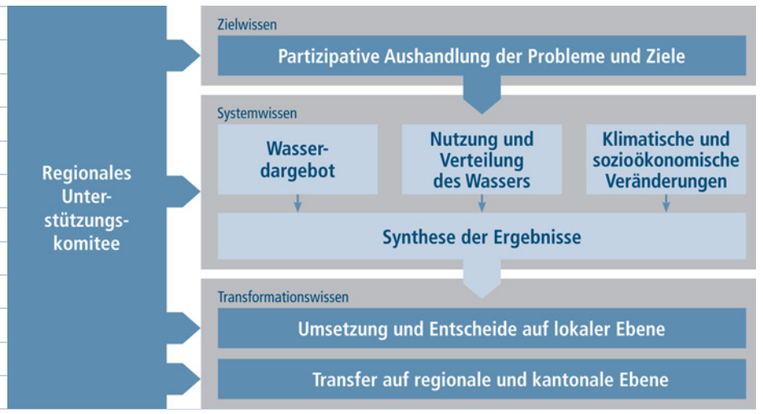



*Abb. 3: Entwicklung eines integrierten Wassermanagements für eine Region (nach NFP 61, 2015)*

## Wasserbewirtschaftung bis 2100

Für die zukünftige Wasserbewirtschaftung in der Region Crans-Montana-Sierre sind verschiedene Aspekte zu beachten: bestehende Wasserrechte, mögliche Veränderungen in Tourismus, Landwirtschaft und Wasserkraft, Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklung sowie Folgen des Klimawandels.

Das Forschungsprojekt MontanAqua zeigt, wie Regionen mit ähnlichen Problemen bei der Entwicklung eines **integrierten Wassermanagements** vorgehen können. Von Beginn weg wurden Beteiligte und Betroffene aus Energiewirtschaft, Tourismus, Landwirtschaft und Politik einbezogen, damit möglichst viel Wissen und verschiedene Sichtweisen einfliessen. Diese Akteure handelten als **Zielwissen** vier umsetzbare Entwicklungsszenarien für 2050 mit unterschiedlichen Schwerpunkten in Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt aus (Tab. 1). Um die Auswirkungen der Szenarien abschätzen zu können, untersuchten Forscherinnen und Forscher das gegenwärtige System der Wasserbewirtschaftung (vgl. die anderen Themenblätter des Moduls 2) und berechneten den Wasserbedarf bis ins Jahr 2050 für alle vier Entwicklungsszenarien auf der Basis der **Klimaszenarien CH2011**. Mit diesem **Systemwissen** wurde die **Nachhaltigkeit** der vier Entwicklungsstrategien beurteilt. Mit diesen Grundlagen handeln alle Beteiligten einer Region mögliche Massnahmen für die Umsetzung des gewählten Wassermanagements gemeinsam aus und schaffen so das **Transformationswissen** (Abb. 3).

## Wasserbewirtschaftung heute

Seit Jahrzehnten prägte das Wachstum von Tourismus, Wasserkraft, Bevölkerung und Siedlung die Entwicklung der Region. Dabei legte die Wasserbewirtschaftung mehr Wert darauf, genügend Wasser bereitzustellen, statt die wachsende Nachfrage zu steuern. Der aktuelle **Wasserbedarf** (ohne Wasserkraft) beträgt 10.5 bis 13.6 Millionen Kubikmeter pro Jahr, was rund 10 % des jährlichen **Wasserdargebots** von 106 Mio. $m^3$ entspricht. Für die Wasserkraft werden jährlich 60 bis 80 Mio. $m^3$ Wasser abgeleitet.

Die Forschenden beurteilten die **Nachhaltigkeit** der heutigen Wasserbewirtschaftung auf wirtschaftlicher Ebene insgesamt als «gut» (Abb. 4). Sie befriedige die Nachfrage nach **Trinkwasser** und habe die wirtschaftliche Entwicklung des Tourismus und der Wasserkraftnutzung ermöglicht. Einzig die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft wird als mittelmässig beurteilt, weil die **Bewässerung** teilweise mit Trinkwasser erfolgt. Auf gesellschaftlicher Ebene fällt die Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung als «schlecht» aus, hauptsächlich weil der Zugang zu Wasser in den Gemeinden nicht gleichwertig ist und die Einwohnerinnen und Einwohner je nach Wohnort unterschiedliche Preise für das Wasser bezahlen. Bezüglich der ökologischen Verantwortung wird die Gewässerbewirtschaftung als «mittelmässig» nachhaltig beurteilt, weil die Mindestmenge in Oberflächengewässern, die **Restwassermenge**, bei der Wasserentnahme zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen und zur Wasserkraftproduktion nicht berücksichtigt wird.

## Szenario 1 «Wachstum»

Gemäss diesem Szenario werden die Bereiche Wirtschaft, Bevölkerung und Siedlung wie bisher weiterwachsen (vgl. Tab. 1). In der Folge steigt der Wasserverbrauch um 25 Prozent an, in Trockenjahren sogar bis 60 Prozent. Hauptgrund dafür ist der stark zunehmende Trinkwasserverbrauch, ausgelöst durch das Bevölkerungswachstum und die ungebremste wirtschaftliche Entwicklung. Der Druck auf die Wasserressourcen nimmt in touristischen Gemeinden wegen dem forcierten Massentourismus vorwiegend im Winter (Januar bis März) zu, in Gemeinden mit intensivierter Landwirtschaft im Spätsommer (August, September).

Die Nachhaltigkeit verringert sich gegenüber heute (Abb. 4), hauptsächlich wegen dem erhöhten Gesamtwasserbedarf und den fehlenden Anpassungen im Wassermanagement. Dadurch verschärft sich die saisonale und örtliche Wasserknappheit. Heute noch wasserreiche Gemeinden werden kaum mehr in der Lage sein, ihr Wasser an Gemeinden in Wassernot «solidarisch» zu verkaufen. Auch mit den weiterhin ungleichen Wasserrechten bleiben Wasserunsicherheit betroffener Gemeinden und unterschiedliche Wasserpreise bestehen. Die Restwassermenge in Oberflächengewässern verbessert sich, jedoch nur geringfügig, weil dieses Szenario das Gesetz nicht vollständig umsetzt.

| | | Szenario 1 Wachstum | Szenario 2 Stabilisierung | Szenario 3 Mässigung | Szenario 4 Ausgleich |
|---|---|---|---|---|---|
| Bevölkerungsentwicklung | | starkes Bevölkerungswachstum | leichtes Bevölkerungswachstum | Bevölkerungsabnahme | leichtes Bevölkerungswachstum |
| Siedlungsentwicklung | | starke Bautätigkeit | Verdichtung, Bau von Ein- und Mehrfamilienhäusern (Zweitwohnungen eingeschränkt) | Gebäudesanierung (v.a. Energieeffizienz), Bauland zurückzonen | Verdichtung, Bau von Ein- und Mehrfamilienhäusern (Zweitwohnungen eingeschränkt) |
| Tourismus | | Massentourismus, v.a. Ski und Golf (neue Schneekanonen und Golfplätze), Sommer < Winter | ganzjährig attraktives Angebot, Skigebiet verkleinern, Sommer = Winter | sanfter Tourismus mit Outdoor-, Kultur-, Gastronomie- und Bildungsangeboten, keine Beschneiung | ganzjährig attraktives Angebot, Skigebiet verkleinern, Sommer = Winter |
| Landwirtschaft | | Konzentration auf Flächen mit intensiver Landwirtschaft | heutige Landwirtschaft stabilisieren, wichtig für Nahrungsmittelproduktion (v.a. Fleisch) | wichtig für Tourismus und Landschaftspflege in der Region, Extensivierung | wichtig für Tourismus und Landschaftspflege in der Region |
| Weinbau | | Intensivierung, Rentabilität erhöhen, Oberflächenbewässerung | Intensität beibehalten, hohe Weinqualität, Tröpfchenbewässerung | Extensivierung, hohe Weinqualität und Biodiversität, Tröpfchenbewässerung | Intensität beibehalten, hohe Weinqualität, Tröpfchenbewässerung |
| Wasserkraft | | höchste Priorität, Wasserkraftpotential aller Fliessgewässer erschliessen | hohe Priorität, wichtig sind auch andere Wassernutzungen (z.B. Bewässerung, Trinkwasser) | wichtig, Ziel ist es jedoch, Energieverbrauch reduzieren und Energieproduktion diversifizieren | wichtig, Ziel ist es jedoch, Energieverbrauch reduzieren und Energieproduktion diversifizieren |
| Wasserversorgung | Infrastruktur | neue Wasserspeicher, -leitungen, -pumpen (z.B. Speichersee bei der Tièche) | keine neuen Wasserspeicher, Trinkwasserversorgung vernetzt und von Bewässerungswasser getrennt, perfekte Wartung | wie Szenario 2, zudem Regenwasserrückhalt bei einzelnen Häusern | wie Szenario 2, zudem Regenwasserspeicher verteilt in Region |
| | Wassermanagement (WM), Zusammenarbeit | keine neue Zusammenarbeit, Eigenbedarf vorrangig | zentralisiertes WM, Entscheide bleiben bei Gemeinden | gemeinsames WM für Wohlergehen aller Bewohnerinnen und Bewohner | gemeinsames WM für Wohlergehen aller Bewohnerinnen und Bewohner |
| | Wasserrechte | keine Reform | Reform | Reform von Individual- zu öffentlichen Rechten | keine Reform |
| Wasserverbrauch | | keine Sparbemühungen | Effizienz steigern | Effizienz steigern | Effizienz steigern |
| Restwassermenge | | Gesetz nicht vollständig umsetzen | Gesetz umsetzen | Restwassermenge freiwillig verdoppeln | Gesetz umsetzen |

*Tab. 1: Entwicklungsszenarien in der Region Crans-Montana-Sierre (nach Schneider F. et al., 2014)*

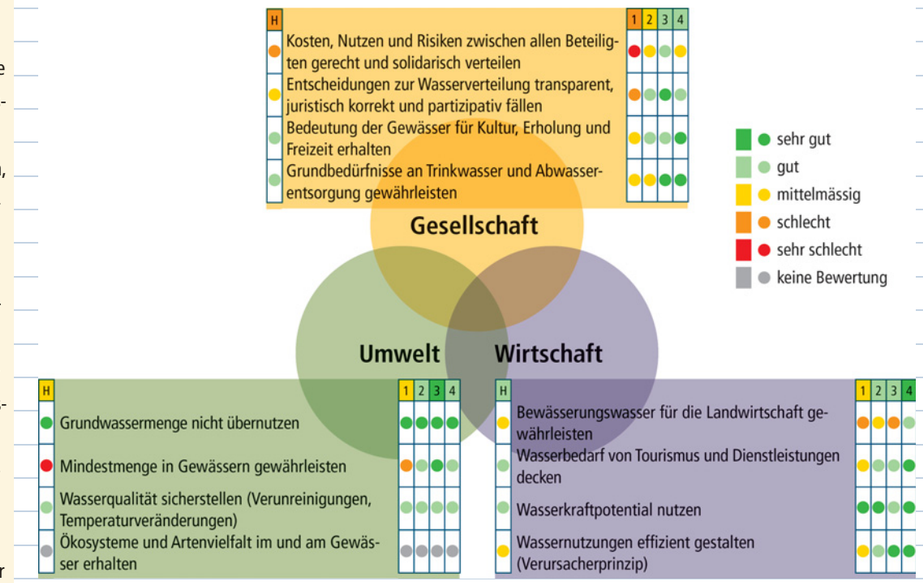



*Abb. 4: Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Wasserbewirtschaftung in Crans-Montana-Sierre – heute (H) und für die Szenarien 1 bis 4 (nach Schneider F. et al., 2014; Weingartner R. et al., 2014; Schmid F., 2014a)*

## Szenario 2 «Stabilisierung»

Dieses Szenario beschreibt ein mässiges Bevölkerungswachstum, einen Tourismus, der sowohl Winter- als auch Sommeraktivitäten beinhaltet und eine Stabilisierung der heute vorhandenen Landwirtschaft (vgl. Tab. 1). Der Wasserbedarf steigt um etwa 20 Prozent, in Trockenjahren bis 60 Prozent, in erster Linie weil die beibehaltene landwirtschaftliche Produktion wegen dem Klimawandel nun erheblich mehr Bewässerungswasser benötigt. Wasserknappheit ist daher vorwiegend im Spätsommer zu erwarten (August, September).

Die Nachhaltigkeit des Szenarios wird mit «gut» beurteilt, weil trotz des höheren Wasserbedarfs die Verteilungsgerechtigkeit verbessert wird (Abb. 4). Dafür werden alle Wassernutzungen optimiert, Restwassermengen eingehalten und Reformen beim Wasserrecht und Wassermanagement umgesetzt. Jedoch wird die Landwirtschaft mit dem höchsten Wasserverbrauch der Region noch anfälliger für Trockenheit. Als «mittelmässig» wird auch die Verfahrensgerechtigkeit beurteilt, weil mit den einstimmig verlangten Entscheidungen insbesondere wasserreiche Gemeinden die Verhandlungen behindern können.

## Szenario 3 «Mässigung»

Hier stehen Lebensqualität und qualitatives Wachstum im Vordergrund (vgl. Tab. 1). Der Wasserbedarf kann so um 13 Prozent zurückgehen, in Trockenjahren kann er wegen dem Bewässerungsbedarf in Landwirtschaft und Gärten aber immer noch um 18 Prozent höher liegen als im heutigen Durchschnitt.

Dieses Szenario schneidet bei der Beurteilung der Nachhaltigkeit am besten ab; die meisten Kriterien erreichen ein «gut» bis «sehr gut» (Abb. 4). Einzig der Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft kann nicht zufriedenstellend gedeckt werden, weil mit der freiwilligen Verdoppelung der Restwassermenge deutlich weniger Wasser für die Bewässerung zur Verfügung steht. Diese Situation tritt insbesondere im Spätsommer auf, wenn Abflussmengen niedrig und Bewässerungsbedarf und Verdunstung hoch sind.

## Szenario 4 «Ausgleich»

Dieses Szenario positioniert sich als Mittelweg zwischen den Szenarien 2 und 3 (vgl. Tab. 1). In der Folge wurde es denn auch von allen Beteiligten akzeptiert und für die zukünftige Entwicklung der Region ausgewählt. Nach diesem Entwicklungsszenario wird das wirtschaftliche Wachstum durch soziale und ökologische Überlegungen abgefedert. Der soziale Ausgleich zwischen Akteuren und Gemeinden gewinnt an Bedeutung. Der Wasserbedarf kann mit diesem Mittelweg um 3 Prozent abnehmen, in Trockenjahren jedoch auch um 49 Prozent zunehmen.

Die Nachhaltigkeit der Wasserbewirtschaftung verbessert sich mit diesem Szenario. Gegenüber dem Szenario 2 wird eine höhere Nachhaltigkeit in den Bereichen Wirtschaft und Gesellschaft erreicht, weil das Wassermanagement differenzierter ist (z.B. Regenwasserspeicher) und das Wohlbefinden aller Einwohnerinnen und Einwohner stärker berücksichtigt. Hingegen konnte man sich bei diesem Szenario nicht auf eine Wasserrechtsreform einigen, was eine niedrigere Beurteilung der gesellschaftlichen Indikatoren gegenüber dem Szenario 3 zur Folge hat.

# Arbeitsblatt: Wasserbewirtschaftung bis 2100

Klimatischer und sozioökonomischer Wandel verändern das Wasserdargebot und den Wasserbedarf in der Region Crans-Montana-Sierre und führen häufiger zu Wasserknappheit.

**Fokus**

Welche Wasserbewirtschaftung in der Region ermöglicht auch in Zukunft wirtschaftliches und gesellschaftliches Wohlergehen sowie eine intakte Umwelt?

Entwerfen Sie ein umsetzbares Entwicklungsszenario für die Region Crans-Montana-Sierre bis 2050, indem Sie Massnahmen und Vorgehen zu den verschiedenen Bereichen in der Tabelle zusammenstellen. Beziehen Sie dabei alle Informationen aus den anderen Themenblättern mit ein. Beurteilen Sie abschliessend Ihr Szenario bezüglich des Wasserbedarfs (zunehmend/abnehmend) und der Nachhaltigkeit (Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt).

| | **Szenario** (mögliche Entwicklung für die Region bis ins Jahr 2050) |
|---|---|
| **Leitziel des Szenarios** | |
| **Bevölkerung und Siedlung** | |
| **Wirtschaft** (Tourismus, Landwirtschaft, Weinbau, Wasserkraft) | |
| **Wasserversorgung** (Infrastruktur, Wassermanagement, Zusammenarbeit, Rechte) | |
| **Wasserverbrauch** und Restwassermenge | |
| **Wasserbedarf** (zunehmend / abnehmend) | |
| **Nachhaltigkeit** (Wirtschaft, Gesellschaft, Umwelt) | |

**Wissen**

Beteiligte und Betroffene aus Wasserkraft, Tourismus, Landwirtschaft und Politik haben im Projekt MontanAqua vier Entwicklungsszenarien für die Region erarbeitet.
Inwiefern stimmt Ihr Szenario für die Wassernutzung in der Region mit den Szenarien der Expertinnen und Experten überein?

Vergleichen Sie Ihr Szenario mit den vier Szenarien aus dem Projekt MontanAqua bezüglich Massnahmen und Vorgehen, des abgeschätzten Wasserbedarfs und der erreichten Nachhaltigkeit.

**Transfer**

Für die Schweiz ist es eine bestechende Idee, dass Stauseen als Mehrzweckspeicher in Zukunft die fehlenden Gletscher kompensieren und so die Wasserversorgung sichern. Für das Gelingen der Idee sind jedoch wichtige Bedingungen zu berücksichtigen.

Welches der vier Szenarien erfüllt am besten die notwendigen Grundbedingungen für die nachhaltige Nutzung von Mehrzweckspeichern? Begründen Sie.

Stellen Sie wichtige Grundbedingungen für eine gelungene Umsetzung von Mehrzweckspeichern zusammen und beurteilen Sie die vier Szenarien danach.

## Literatur


Björnsen 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.

Bonriposi M., 2014: Analyse systématique et prospective des usages de l'eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Suisse). Géovisions 43, Lausanne.

Cordonier & Rey, Ingénieurs et géomètres, 2015: Lienne-Raspille, Projet régional de gestion des eaux.

NFP 61 (2015): Nachhaltige Wassernutzung in der Schweiz – NFP 61 weist Wege in die Zukunft. Gesamtsynthese im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», Bern.

Schmid F. et al., 2014a: Nachhaltige Wassergouvernanz: Herausforderungen und Wege in die Zukunft. Thematische Synthese 4 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61, Bern.

Schmid F. et al., 2014b: Wege zur nachhaltigen Wassergouvernanz. In: «Aqua & Gas», Nr. 11, Zürich.

Schneider F., Homewood Ch., 2013: Exploring Water Governance Arrangements in the Swiss Alps From the Perspective of Adaptive Capacity Author(s). In: Mountain Research and Development, 33(3):225–233.

Schneider F. et al., 2014: Assessing the sustainability of water governance systems: the sustainability wheel. In: Journal of Environmental Planning and Management, London.

Schneider F. et al., 2016: MontanAqua: Tackling Water Stress in the Alps. In: GAIA 25/3, München.

Thut W. K. et al., 2016a: Klimawandel führt zu Wasserengpässen für Mensch und Natur. Mehrzweckspeicher sichern Wasser- und Energieversorgung. Fact Sheet. Geographisches Institut der Universität Bern.

Thut W. K. et al., 2016b: Zur Bedeutung von Mehrzweckspeichern in der Schweiz. Anpassungen an den Klimawandel. In: «Wasser Energie Luft» Heft 3, Baden.

Weingartner R. et al., 2014: MontanAqua: Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel. Wasserbewirtschaftungsoptionen für die Region Crans-Montana-Sierre im Wallis. Forschungsbericht des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61, Bern.