



Timo Wicki, Mathieu Camenzind

# Vorausschauendes Wassermanagement im Bergell

## Abschätzung des künftigen landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfs

### Zusammenfassung

In der Berggemeinde Bergell wird es im Sommer zu einem deutlichen Rückgang des Wasserdargebots kommen. Gleichzeitig wird mit einem steigenden landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarf in Trockenperioden gerechnet. Die in diesem Beitrag vorgestellte Studie liefert eine fundierte Grundlage, um den Wasserbedarf der Landwirtschaft im Rahmen der anstehenden Konzessionserneuerung der Wasserkraftwerke zu berücksichtigen und eine mögliche Bewässerung sicherzustellen.

Die Studie unterstreicht die Dringlichkeit, sich mit Klimaanpassungsmassnahmen im Wassermanagement auseinanderzusetzen. Dazu müssen zunächst fehlende Grundlagen – insbesondere zu Bodeneigenschaften und landwirtschaftlichen Erträgen – erhoben werden. Darauf aufbauend lässt sich die Bewässerungswürdigkeit verlässlich beurteilen und eine mögliche Bewässerungsinfrastruktur nachhaltig planen.

Besondere Aufmerksamkeit gilt jedoch alternativen Ansätzen, welche die Auswirkungen des Klimawandels abmildern können. Dazu zählen Massnahmen, die den Wasserrückhalt in der Fläche fördern, Managementanpassungen zur Reduktion des Wasserbedarfs sowie eine Betriebsausrichtung, die die Resilienz gegenüber Trockenperioden erhöht.

### Résumé

Dans la commune de montagne de Bergell, on prévoit une baisse significative des ressources en eau cet été. Parallèlement, on s'attend à une augmentation des besoins en irrigation agricole pendant les périodes de sécheresse. L'étude présentée dans cet article fournit une base solide pour prendre en compte les besoins en eau de l'agriculture dans le cadre du renouvellement prochain des concessions des centrales hydroélectriques et pour garantir une irrigation éventuelle.

L'étude souligne l'urgence de se pencher sur les mesures d'adaptation au changement climatique dans la gestion de l'eau. Pour ce faire, il faut tout d'abord collecter les données de base manquantes, notamment sur les propriétés des sols et les rendements agricoles. Sur cette base, il sera possible d'évaluer de manière fiable la pertinence de l'irrigation et de planifier de manière durable une éventuelle infrastructure d'irrigation.

Une attention particulière doit toutefois être accordée aux approches alternatives susceptibles d'atténuer les effets du changement climatique. Il s'agit notamment de mesures favorisant la rétention d'eau au niveau du sol, d'ajustements de gestion visant à réduire les besoins en eau, ainsi que d'une orientation des exploitations qui renforce la résilience face aux périodes de sécheresse.

## 1. Einleitung

Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) betreibt seit den 1960er-Jahren mehrere Wasserkraftanlagen im Einzugsgebiet der Maira, deren Konzessionen bis 2039 gültig sind. Im Hinblick auf die geplante Erneuerung dieser Wasserrechte hat die AquaPlus AG im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Bergell und dem ewz eine Analyse des Wasserdargebots und -bedarfs im Gemeindegebiet durchgeführt.

Ziel dieser Analyse war es, das aktuelle und zukünftige Wasserdargebot den bestehenden und künftigen Nutzungen – insbesondere der Wasserkraft, der Landwirtschaft und der Trinkwasserversorgung – gegenüberzustellen. Dadurch sollen mögliche Nutzungskonflikte frühzeitig erkannt und eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen langfristig sichergestellt werden.

Die Trinkwasserversorgung wird aktuell über Grundwasserquellen und den Silsersee sichergestellt und ist somit auf mehreren Säu-

len aufgebaut. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen bestehen grösstenteils aus Dauerwiesen und Weiden, vereinzelt auch aus Kunstwiesen und Ackerflächen, letztere vor allem im Talboden. Eine Bewässerung der Landwirtschaftsflächen findet aktuell nicht bzw. höchstens sehr vereinzelt statt. Zwischen dem Wasserdargebot und den bestehenden Nutzungen sind aktuell keine Konflikte bekannt.

Im Rahmen der Studie wird der landwirtschaftliche Wasserbedarf prognostiziert, um diesen dem Bedarf der Wasserkraftwerke und dem künftigen Wasserdargebot gegenüberzustellen. Die gewonnenen Erkenntnisse fliessen direkt in die anstehende Konzessionserneuerung der Bergeller Kraftwerke ein und bilden eine wertvolle Grundlage für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Wasserbewirtschaftung im Tal.

## 2. Klima

Für den Vergleich des aktuellen Klimas mit Zukunftsszenarien wurde der von MeteoSchweiz

zur Verfügung gestellte Datensatz CH-2018 verwendet (CH2018, 2018). Es wurden Tageswerte von 1981 bis 2099 für Temperatur, Niederschlag und Globalstrahlung für folgende Emissionspfade (Representative Concentration Pathways, RCPs) extrahiert:

- RCP 4.5 (bzw. RCP45): Mittlerer Klimaschutz
- RCP 8.5 (bzw. RCP85): Kein expliziter Klimaschutz («Weiter so wie bisher»)

Für beide Emissionspfade wurden jeweils drei Klimamodellketten berücksichtigt (oberes, mittleres und unteres Terzil) und es wurden folgende Zeithorizonte miteinander verglichen, wie in Bild 1 dargestellt:

- 1981 – 2010: Referenz
- 2020 – 2049: Anfang des Jahrhunderts
- 2045 – 2074: Mitte des Jahrhunderts
- 2070 – 2099: Ende des Jahrhunderts

Die schwarze Linie im Bild 1 zeigt das Referenzklima (Mittelwert der Referenzperiode

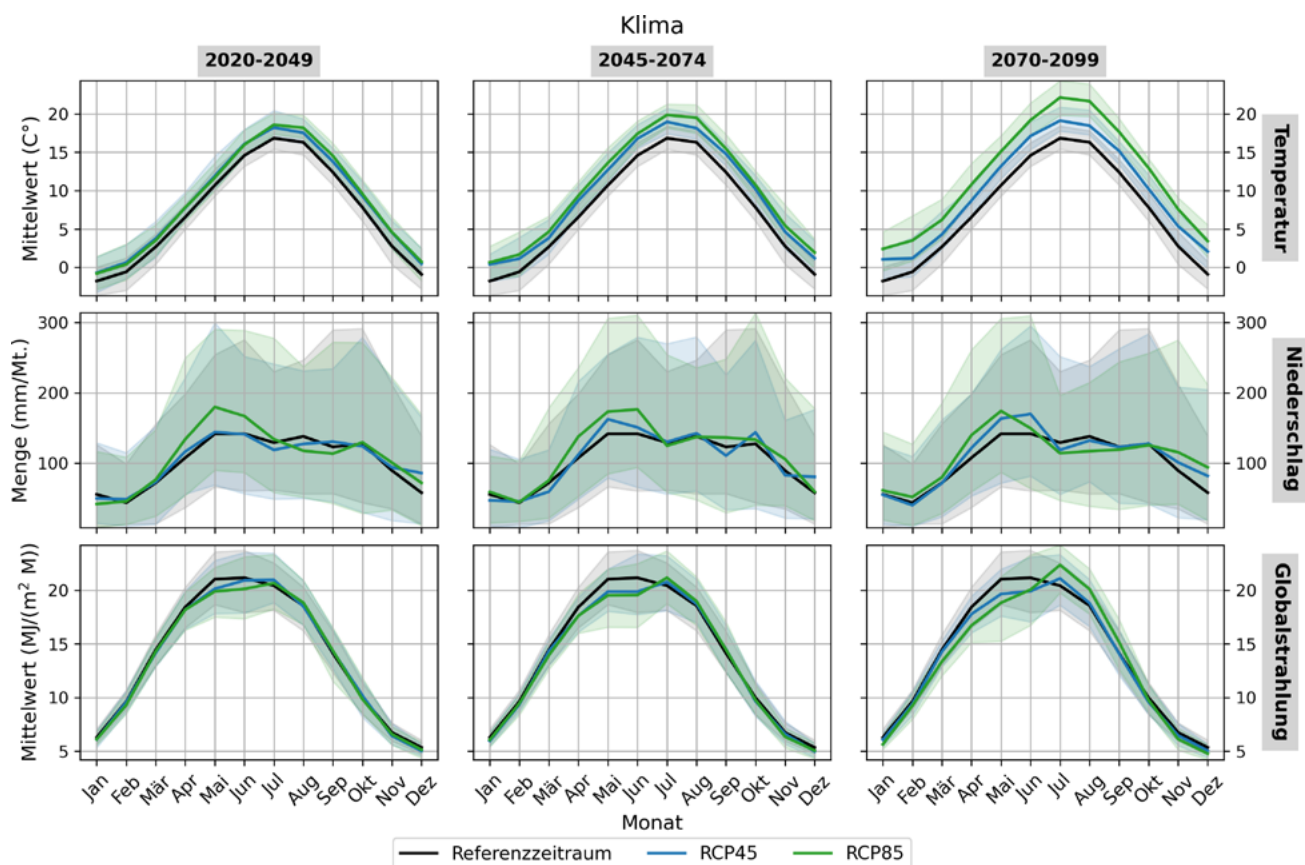
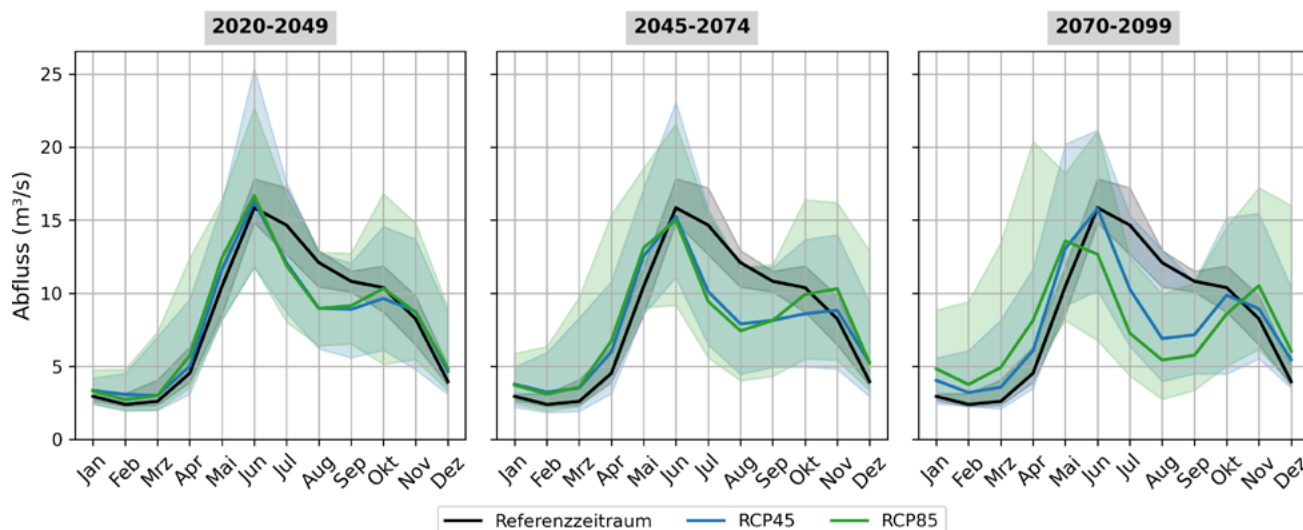


Bild 1: Veränderung des Klimas. Die schwarze Linie zeigt den Medianwert der Referenzperiode, die blaue Linie den Medianwert des mittleren Szenarios (RCP 4.5) und die grüne Linie den Medianwert des Szenarios ohne expliziten Klimaschutz (RCP 8.5) für die jeweiligen Zeithorizonte (2020–2049, 2045–2074, 2070–2099). Die schraffierte Fläche zeigt jeweils den Bereich zwischen dem 10. und 90. Perzentil der Monatswerte in den jeweiligen Zeitperioden. Bei Temperatur und Globalstrahlung handelt es sich um Monatsmittelwerte, beim Niederschlag um Monatssummen.

## Mittlerer Monatsabfluss, Maira - Soglio



**Bild 2:** Entwicklung des mittleren Monatsabflusses der Maira bei Soglio. Die schwarze Linie zeigt den Medianwert der Referenzperiode, die blaue Linie den Medianwert des mittleren Szenarios (RCP 4.5) und die grüne Linie den Medianwert des Szenarios ohne expliziten Klimaschutz (RCP 8.5) für die jeweiligen Zeithorizonte. Zusätzlich sind jeweils der minimale und der maximale Jahreswert über alle Klimamodelle und Simulationsjahre hinweg dargestellt (CH2018, 2018).

1981 – 2010), die blaue Linie den Mittelwert des mittleren Szenarios (RCP 4.5) und die grüne Linie den Mittelwert des Szenarios ohne expliziten Klimaschutz (RCP 8.5). Die schraffierte Fläche zeigt jeweils den Bereich zwischen dem 10. und 90. Perzentil der Monatswerte in den Zeitperioden. In der Schweiz wird der Anstieg der atmosphärischen Temperatur auf der Alpensüdseite und in den höher gelegenen Bergregionen am stärksten sein. Dies zeigt sich auch in der Analyse für die Gemeinde Bergell. Im Sommer ist bereits bis Mitte des Jahrhunderts mit einem Anstieg von 2 bis 3 °C gegenüber dem Referenzklima zu rechnen und bis Ende des Jahrhunderts mit bis zu 5 °C. Mit höheren Temperaturen gehen intensivere und variabelere Niederschläge einher (IPCC, 2014). Im Winter ist mit mehr Niederschlag zu rechnen, während die Sommer trockener werden. Diese Trends werden durch die Ergebnisse der neuen CH2025-Klimamodelle untermauert (MeteoSwiss & ETH Zurich, 2025).

Die Schneeschmelze wird deutlich früher einsetzen und geringer ausfallen und die Gletscher werden stark zurückgehen, was zu einer markanten Veränderung des Abflussregimes führt. Derzeit sind ca. 7 Prozent der Gesamtfläche des Bergells vergletschert. Mit effektiven Klimaschutzmassnahmen (RCP 4.5) könnte eine Reduktion und Stabilisierung der Gletscherausdehnung bis Ende des Jahrhunderts auf ca. 3 Prozent der Gesamtfläche des Bergells begrenzt werden. Ohne wirkungs-

volle Klimaschutzmassnahmen (RCP 8.5) muss bis Ende des Jahrhunderts mit einem vollständigen Rückzug der Gletscher gerechnet werden. Bild 2 zeigt die erwartete Veränderung des mittleren Monatsabflusses der Maira gemäss dem Datensatz Hydro-CH2018 (Freudiger et al., 2021). Während der Abfluss aus der Gletscherschmelze im Frühsommer zunächst noch zunimmt, nimmt er ab ca. Mitte des Jahrhunderts stark ab. Demzufolge ist davon auszugehen, dass der mittlere Abfluss im August in der Mitte des Jahrhunderts um ca. 33 Prozent (RCP 4.5) bis ca. 39 Prozent (RCP 8.5) abnimmt und bis zum Ende des Jahrhunderts um ca. 41 Prozent (RCP 4.5) bis ca. 56 Prozent (RCP 8.5). Die Abflüsse im Winter und Frühling nehmen zu, da weniger Niederschlag als Schnee fällt.

### 3. Bewässerungsbedarf

#### 3.1 Methodik

Die Berechnung des täglichen Bewässerungsbedarfs bei gegebenem Klima, gegebener Kultur und gegebenem Boden basiert auf der Arbeit von Smith et al. (2012) und orientiert sich an der Methodik des FAO Bewässerungsberichts (Allen et al., 1998). Weitere Informationen zum Berechnungsverfahren und zu den Parameterwerten wurden weitgehend den Berichten «Berechnung der Bewässerungsbedürfnisse unter aktuellen und zukünftigen Bedingungen in der Schweiz» (Eisenring

et al., 2021) und «Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft» (Fuhrer & Smith, 2015) entnommen.

Der Wassergehalt des Bodens an einem bestimmten Tag wird aus der Wasserbilanz der Wurzelzone und dem Wassergehalt des Vortages berechnet (Formel 1). Die aktuelle Evapotranspiration hängt dabei von der Kultur und ihrer Wachstumsphase sowie vom aktuellen Bodenwasserdefizit im Wurzelbereich ab. Letzteres ist wiederum abhängig vom Boden und dessen Speicherkapazität. Das Tages-Bodenwasserdefizit entspricht der Differenz zwischen der nutzbaren Feldkapa-

$$d/dt(SW) = P + IWR - RO - DP - ET_a$$

mit: SW = Bodenwassergehalt in mm

P = Niederschlag in mm/Tag

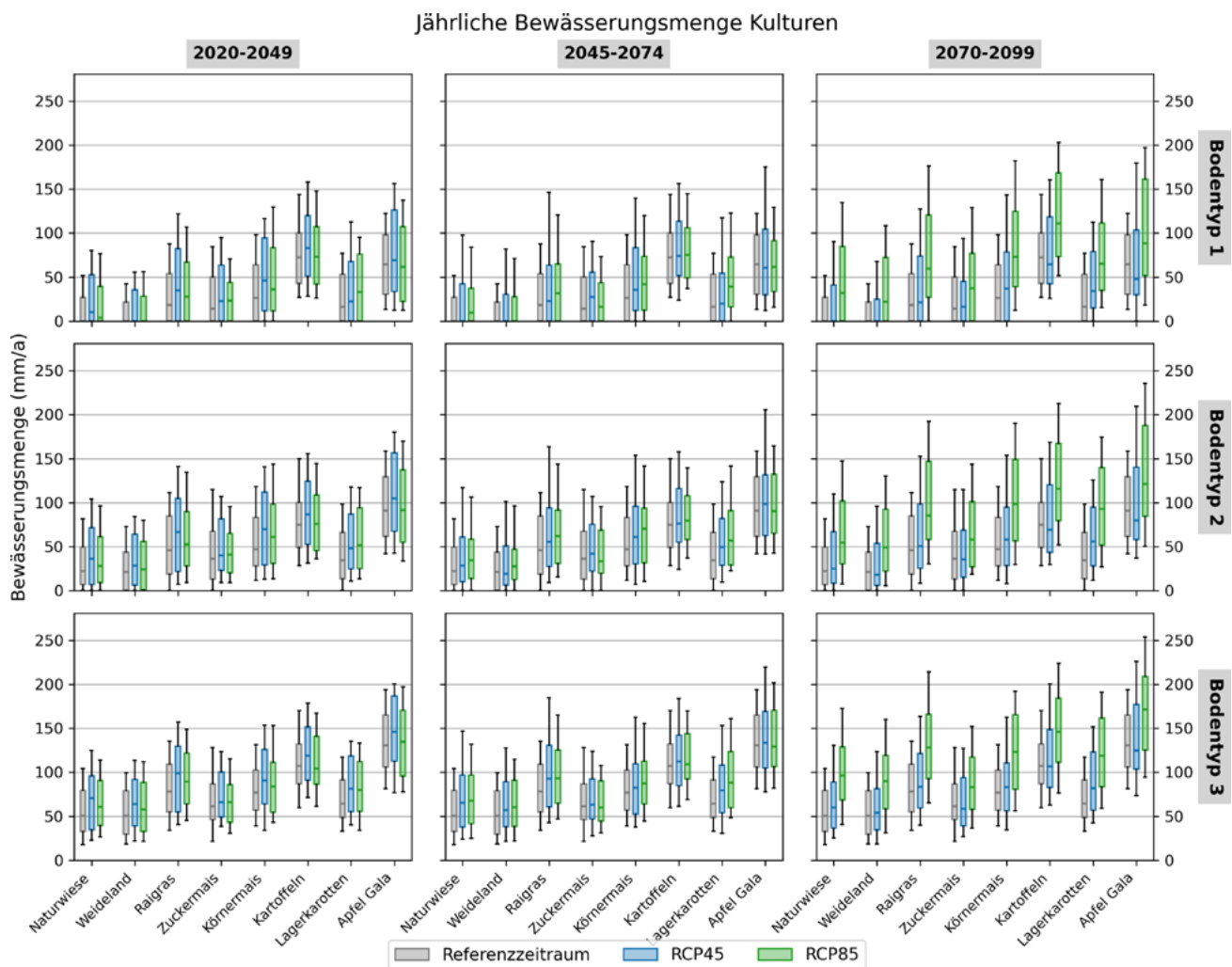
IWR = die Bewässerung in mm/Tag

RO = Wasserabfluss an der Bodenoberfläche in mm/Tag

DP = Tiefenversickerung in mm/Tag

ET<sub>a</sub> = Aktuelle Evapotranspiration in mm/Tag

**Formel 1:** Vertikale Wasserbilanzgleichung zur Abschätzung der Änderung des Bodenwassergehalts im Wurzelraum.



**Bild 3: Entwicklung des jährlichen Bewässerungsbedarfs verschiedener Kulturen. Die Boxplots zeigen den Median (horizontale Linie), das 25. – 75. Perzentil (Box) sowie das 10. – 90. Perzentil (Whiskers).**

azität und dem Wassergehalt des Bodens am betreffenden Tag. Die Toleranz einer Kultur gegenüber Bodenwasserdefizit wird bestimmt durch den Anteil der entsprechenden Feldkapazität, der fehlen kann, ohne dass die Evapotranspiration beschränkt wird. Bei der Berechnung wird daher nur dann eine Bewässerungsmenge ausgelöst bzw. bilanziert, wenn ein tatsächlicher Bedarf besteht.

### 3.2 Bedarf Kulturen

*Bild 3* zeigt den zu erwartenden jährlichen Bewässerungsbedarf für eine optimale Wasserversorgung ausgewählter Kulturen in Form von Boxplots, differenziert nach Bodentyp, Emissionspfad sowie verschiedenen Zeithorizonten (Anfang, Mitte und Ende des Jahrhunderts). Die Parameterwerte der Berechnung sowie die Ergebnisse wurden im Austausch mit den Landwirten plausibilisiert. Bei Naturwiese zeigte sich beispielsweise ei-

ne gute Übereinstimmung zwischen den modellierten und den in der Praxis üblichen Schnitzyklen.

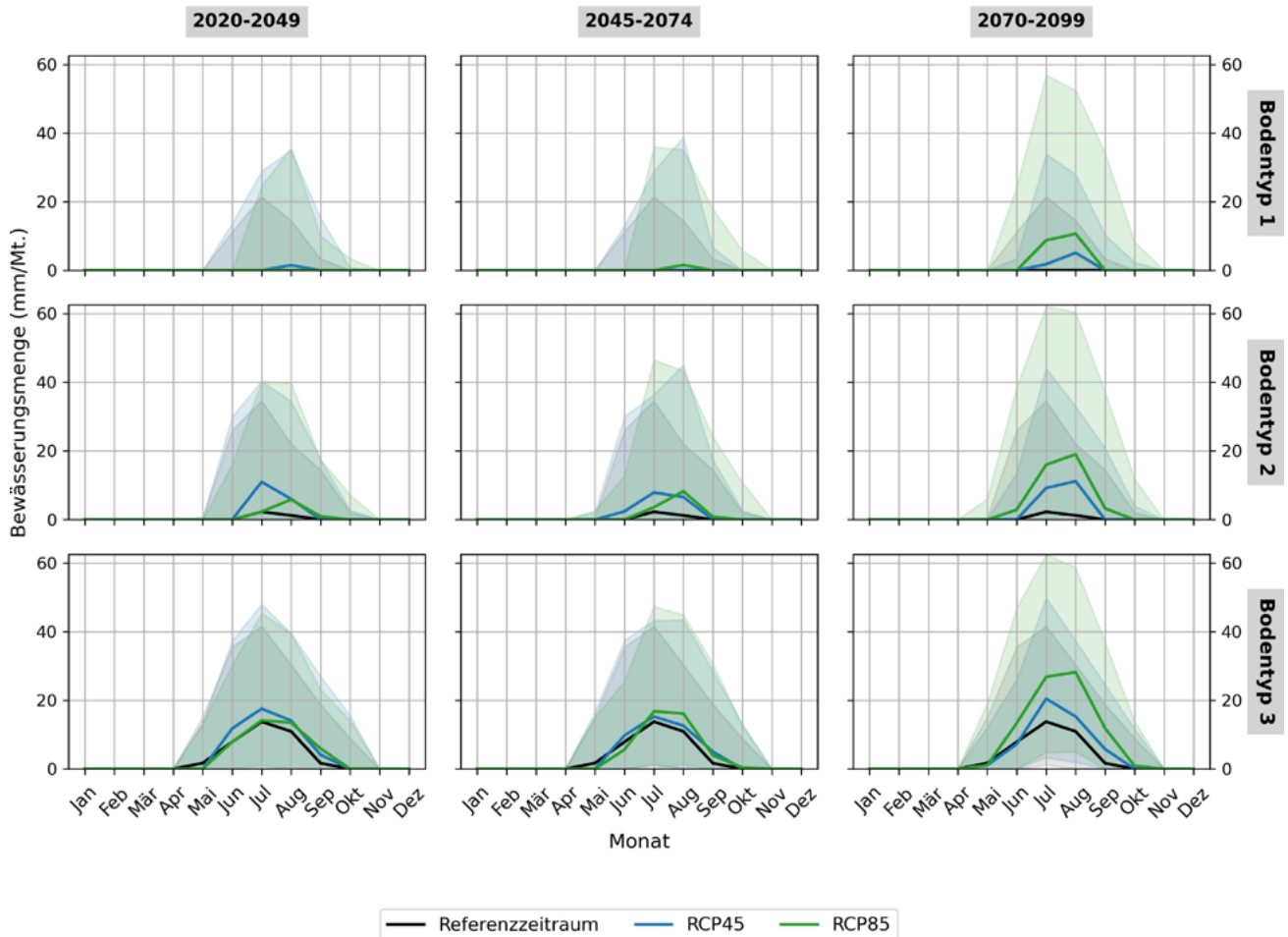
Die im Bergell am häufigsten vorkommenden Kulturen Naturwiese und Weideland weisen einen geringeren Wasserbedarf auf als die übrigen dargestellten Kulturen, insbesondere auch im Vergleich zu intensiverem Grasland wie Raigras (entspricht etwa dem Bedarf von Kunstwiese). So ist beim Bodentyp 1 (mittelgründiger Boden in der Talebene) auch künftig in einem Medianjahr für Naturwiese und Weideland kaum mit einem relevanten Wasserdefizit zu rechnen. Bei Kunstwiese hingegen beträgt der Wasserbedarf bereits im Referenzklima im Median rund 20 mm. Auffällig ist zudem der geringere Bedarf von Naturwiese und Weideland in Trockenjahren, wie die oberen Whiskers der Boxplots verdeutlichen. Dennoch nimmt auch bei diesen Kulturen der Jahresbedarf in Trockenjahren künftig spürbar zu – bei Naturwiese

auf Bodentyp 1 von im Referenzklima rund 50 mm auf bis zu 130 mm (RCP 8.5, Ende des Jahrhunderts).

Bei den flachgründigeren Bodentypen 2 und 3 fällt der Bewässerungsbedarf über alle Kulturen hinweg deutlich höher aus als beim Bodentyp 1. Die Ergebnisse verdeutlichen damit die starke Abhängigkeit des Wasserbedarfs von den Bodeneigenschaften. Dies unterstreicht die Bedeutung eines schonenden Umgangs mit den Böden, um deren Wasserspeicherkapazität zu erhalten – oder durch gezielte Bewirtschaftung sogar zu verbessern. Bei geringer Wasserspeicherkapazität ist eine Bewässerung nur eingeschränkt wirksam, da das zugeführte Wasser nicht ausreichend im Boden gehalten werden kann.

*Bild 4* zeigt beispielhaft den monatlichen Bewässerungsbedarf der Kultur Naturwiese, um den saisonalen Verlauf des Bedarfs hervorzuheben. Dabei wird deutlich, dass der Bewässerungsbedarf in den Sommermonaten

## Bewässerungsmenge für Naturwiese

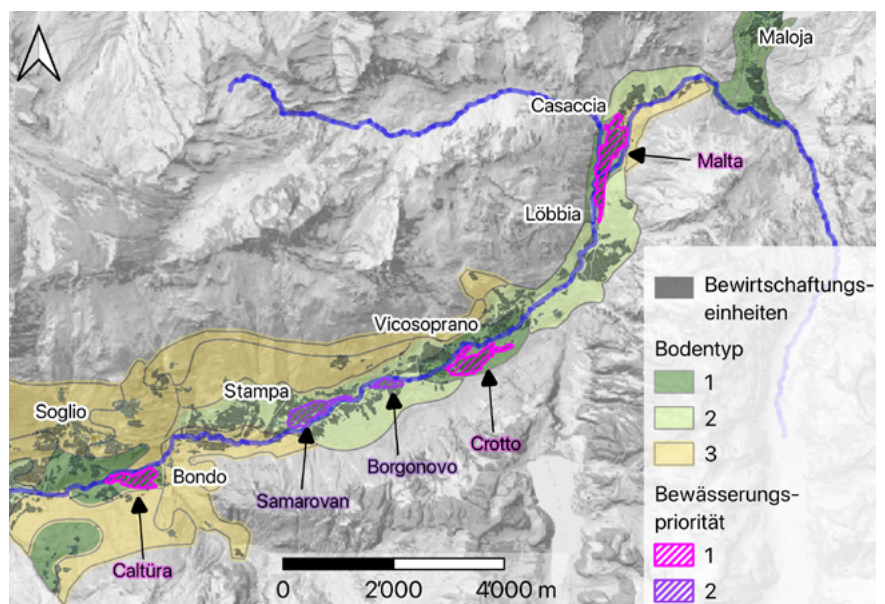


**Bild 3:** Entwicklung des jährlichen Bewässerungsbedarfs verschiedener Kulturen. Die Boxplots zeigen den Median (horizontale Linie), das 25. – 75. Perzentil (Box) sowie das 10. – 90. Perzentil (Whiskers).

auftritt und in der Regel im Juli und August sein Maximum erreicht – also zu der Zeit, in der das natürliche Wasserdargebot der Oberflächengewässer üblicherweise am geringsten ist.

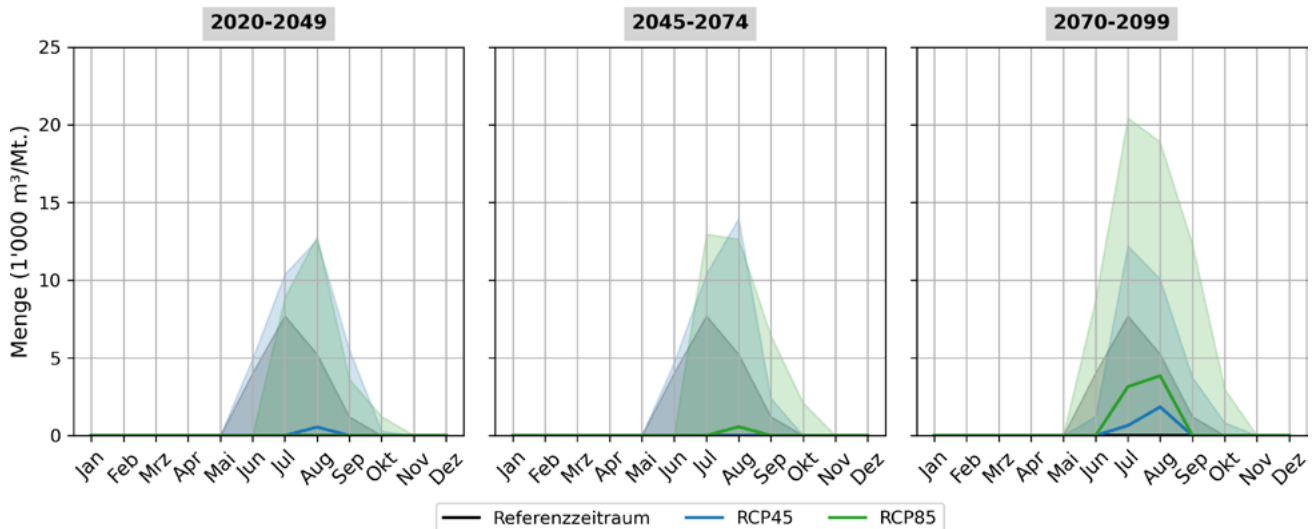
### 3.3 Bedarf Prioritäre Gebiete

Die Gebiete, die sich künftig für eine Bewässerung eignen könnten, beschränken sich weitgehend auf ebene Flächen mit mittelgründigen Böden, die mindestens ein mässiges Wasserspeichervermögen aufweisen und weder staunass noch übermässig durchlässig sind. *Bild 5* zeigt einen Überblick über diese Flächen, unterteilt in Priorität 1 (Gebiete, in denen eine Bewässerung künftig am ehesten sinnvoll erscheint) und Priorität 2 (Gebiete, in denen eine Bewässerung ebenfalls in Frage kommen könnte). Für jedes Teilgebiet wurde der jährliche und monatliche Bewässerungsbedarf für eine optimale Wasserversorgung ermittelt.



**Bild 5:** Darstellung der Gebiete, die für eine allfällige Bewässerung in Frage kommen, sowie die Einteilung in die Bodentypen 1 (mittelgründig), 2 (flachgründig) und 3 (sehr flachgründig).

## Monatliche Bewässerungsmenge Malta-Gebiet



**Bild 6: Entwicklung der monatlichen Bewässerungsbedarfsmenge zur optimalen Wasserversorgung der Kulturen im Gebiet Malta. Die durchgezogenen Linien zeigen die Medianwerte und die schraffierten Flächen die Bereiche zwischen dem 10. und 90. Perzentil der Monatssummenwerte in den Zeiträumen.**

Bild 6 zeigt beispielhaft die Entwicklung des monatlichen Wasserbedarfs für das Gebiet Malta. Die Werte vermitteln einen Eindruck der potenziell insgesamt benötigten Wassermenge für eine optimale Versorgung der Kulturen. In einem Normaljahr wird auch in Zukunft nur eine geringe Lücke zum optimalen Wasserbedarf bestehen. In besonders trockenen Jahren kann der Wasserbedarf der Kulturen jedoch stark ansteigen. Dies kann auch bereits unter den heutigen Klimabedingungen der Fall sein. Anfang und Mitte des Jahrhunderts dürfte der Spitzenbedarf aber um bis zu ca. 50 Prozent zunehmen und gegen Ende des Jahrhunderts sogar bis zu ca. dreimal so hoch sein. Trockenperioden und die damit einhergehenden Phasen mit Wasserstress werden im Laufe dieses Jahrhunderts also häufiger auftreten und deutlich stärker ausfallen. Dies gilt insbesondere, wenn kein ambitionierter Klimaschutz betrieben wird. Dies wird durch den markanten Unterschied zwischen RCP 4.5 und RCP 8.5 am Ende des Jahrhunderts verdeutlicht.

Für das Gebiet Malta ergibt sich im Referenzklima in einem Trockenjahr (90. Perzentil) ein jährlicher Bewässerungsbedarf – aufsummiert über alle Monate – von bis zu 20 000 m<sup>3</sup>. Mitte des Jahrhunderts steigt er auf rund 30 000 m<sup>3</sup> (90. Perzentil, RCP 4.5 und RCP 8.5) und gegen Ende des Jahrhunderts auf ca. 30 000 m<sup>3</sup> (90. Perzentil, RCP 4.5) bis zu 50 000 m<sup>3</sup> (RCP 8.5).

Aufgrund der Unsicherheiten bei den Eingangsdaten – insbesondere den Bodeneigen-

schaften – sind die berechneten Werte lediglich als grobe Richtwerte zu verstehen. Für die konkrete Planung von Speichervolumen oder anderen Bewässerungsinfrastrukturen ist daher eine sorgfältige Überprüfung empfehlenswert, insbesondere unter Einbezug detaillierter Bodendaten. So kann die Berechnung des Wasserbedarfs verfeinert werden und eine verlässlichere Einschätzung der Bewässerungswürdigkeit getroffen werden. Um eine fundierte Aussage über die Wirtschaftlichkeit einer Bewässerungsinfrastruktur treffen zu können, wäre zudem eine vertiefte Analyse der lokalen Erfahrungswerte zu Erträgen und Ausfällen in Trockenjahren erforderlich.

### 4. Wasserbedarf Alpen

Die potenzielle Wasserknappheit wurde zusätzlich für jeden Alpbetrieb gutachterlich eingeschätzt. Dabei wurde der Rückgang der Schneeschmelze, das Abschmelzen der Gletscher, der spezifische Wasserbedarf sowie die Erfahrungen der Betriebsleitenden berücksichtigt. Auf dieser Grundlage erfolgte eine Einteilung in die drei Kategorien «gering», «mittel» und «gross» (Bild 7). Bei Betrieben mit der Einstufung «gross» ist in naher Zukunft mit einer ausgeprägten Wasserknappheit zu rechnen. Soll die Bewirtschaftung weiterhin sichergestellt werden, sind möglichst frühzeitig konkrete Massnahmen zum Wasserrückhalt umzusetzen.

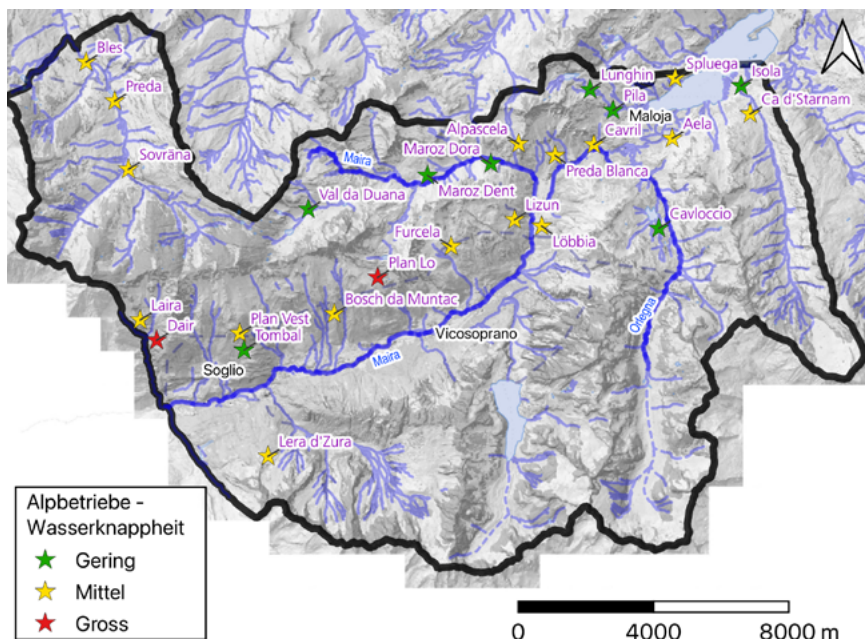
## 5. Mögliche Massnahmen

### 5.1 Bewässerung

Die vorliegenden Berechnungen liefern nur eine grobe Grössenordnung, die jedoch als Grundlage für weiterführende Planungsschritte bzw. die Prüfung möglicher langfristiger Massnahmen dienen kann. Eine Option wäre die Planung einer Bewässerungsinfrastruktur in den prioritären Gebieten Malta, Crotto und Caltùra. Dabei wären verschiedene Varianten zum Wasserbezug (z. B. Sammlung von Oberflächenabfluss oder Einbezug des ewz-Kraftwerkssystems) und Wasserspeicherung (z. B. zentrale vs. dezentrale Speicher) zu prüfen.

Im Rahmen einer solchen Planung ist eine breite Einordnung der landwirtschaftlichen Zielsetzungen wichtig. Sowohl die Produktion von Nahrungsmitteln als auch die Förderung und Erhaltung der Biodiversität zählen zu den Leistungen der Landwirtschaft, die in der Schweiz über öffentliche Mittel unterstützt werden. Gerade im Berggebiet bestehen dabei besondere Ansprüche: Kaum eine andere landwirtschaftlich genutzte Region der Schweiz weist eine vergleichbare Vielfalt an Lebensräumen und landschaftlichen Strukturen auf. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, bestehende Naturwerte wie Trockenwiesen und -weiden zu erhalten und die Restwassermengen in Bächen zu gewährleisten.

Bewässerung von Wiesen und Weiden kann mögliche unerwünschte Nebeneffekte



**Bild 7:** Die Karte veranschaulicht, wie stark die Alpbetriebe in mittlerer Zukunft von Wasserknappheit und deren Folgen betroffen sein werden.

haben, etwa die Förderung oder Ausbreitung bestimmter unerwünschter Pflanzenarten oder Nitratauswaschung (Marbot, B. et al., 2013). Die Auswirkungen der Bewässerung auf die Flora und Fauna der Wiesen und Weiden sind dabei abhängig vom Standort und der Intensität der Bewässerung und Düngung (Andrey, A. et al., 2016). So kann die Artenzahl je nach Standort sowohl zu- als auch abnehmen. Eine wichtige Voraussetzung, um unerwünschte Nebeneffekte möglichst zu vermeiden, ist eine bedarfsgerechte Bewässerung zum richtigen Zeitpunkt, wobei insbesondere Überbewässerung zu vermeiden ist. Dies kann beispielsweise durch eine Echtzeit-Modellierung unter Einbezug von Bodenfeuchtemessungen und aktuellen Wetterprognosen unterstützt werden. Um die Effekte der Bewässerung besser beurteilen zu können, kann es auch sinnvoll sein, diese zunächst auf Testflächen zu beobachten und zu untersuchen.

Darüber hinaus können Massnahmen zur Wasserspeicherung so gestaltet werden, dass sie neben der landwirtschaftlichen Nutzung zusätzliche ökologische Funktionen erfüllen, beispielsweise naturnah gestaltete Teichanlagen. Dadurch erhöht sich die funktionelle Biodiversität, beispielsweise durch die Ansiedlung von Nützlingen, von denen wiederum die landwirtschaftliche Produktion profitieren kann.

Der Bericht «Leitfaden Bewässerung» (BLW, 2024) bietet eine gute Orientierung über ein

stufengerechtes Vorgehen bei der Planung einer Bewässerungsinfrastruktur.

## 5.2 Alternative Massnahmen

Ein Bewässerungssystem stellt nur eine von mehreren möglichen Massnahmen dar, um den zunehmenden Trockenperioden im Bergell zu begegnen. Da eine Bewässerung mit Kosten verbunden ist und je nach Gestaltung potenziell negative Auswirkungen auf die Biodiversität haben kann, sollten alternative Ansätze in Betracht gezogen werden. Dazu zählen Massnahmen, die den Wasserrückhalt in der Fläche fördern, Managementanpassungen zur Reduktion des Wasserbedarfs sowie eine Betriebsausrichtung, die die Resilienz gegenüber Trockenperioden erhöht. Zu den möglichen Massnahmen zählen:

- Förderung und Erhalt von artenreichen Wiesen und Weiden, die besser mit den Folgen des Klimawandels zurechtkommen als Monokulturen.
- Nutzung und Erhalt der Sömmerungsflächen. Sie tragen zur landwirtschaftlichen Diversifizierung bei und erfüllen gleichzeitig wichtige ökologische Funktionen. Eine moderate Beweidung wirkt sich in der Regel positiv auf den Wasserhaushalt der Böden aus. Sowohl eine zu intensive Beweidung als auch eine Verbuschung durch ausbleibende oder zu geringe Beweidung kann zu einer Verschlechterung der Wasserbilanz führen (Inauen et al., 2013; van den Bergh

et al., 2018; Ambrosi et al., 2024). Der aktiven Offenhaltung der Sömmerungsflächen kommt somit eine grosse Bedeutung zu.

- Anpassungen in der Vorausplanung, wie beispielsweise die Erhöhung der Futterreserven, die Reservehaltung extensiver Flächen, eine vorübergehende Reduktion der Tierzahl in angekündigten Trockenjahren oder der Abschluss von Versicherungen gegen trockenheitsbedingte Ertragseinbussen, können die negativen Auswirkungen von Trockenperioden auf landwirtschaftliche Betriebe verringern.
- Die Diversifizierung des Kulturmixes kann die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe erhöhen. Eine wichtige Ergänzung zum Grasland stellen bereits heute die Kastanienselven dar. Weitere Möglichkeiten wären der verstärkte Anbau standortangepasster Getreidearten, Leguminosen oder anderer Spezialkulturen.
- Ein Fokus auf Artenvielfalt in den Kulturen sowie auf biologische Produktionsweisen kann dazu beitragen, das Profil einer naturnahen Bergregion als Qualitätsmarkt zu stärken. Ansätze der regenerativen Landwirtschaft erfüllen zudem vielfältige Anforderungen an Produktion, Ökologie und Klimaanpassung und verbessern die Bodenstruktur sowie die Wasserspeicherfähigkeit der Böden.
- Im Sinne des Schwammlandprinzips können Geländestrukturen wie Mulden, Gräben, Terrassen und Hecken den Oberflächenabfluss bei Starkniederschlägen verlangsamen und ihn räumlich verteilen. Dadurch wird die Infiltration gefördert, der Bodenwasserhaushalt verbessert und die natürlichen Wasserspeicher aufgefüllt, sodass in Trockenperioden mehr Wasser verfügbar ist.

Bei der Auswahl bestimmter Massnahmen können Erfahrungen aus innovativen Betrieben im Bergell und aus anderen Regionen genutzt werden. Erwähnenswert sind die Ergebnisse des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Wassernutzung» (Lanz, K. et al., 2014). In diesem Rahmen wurden wissenschaftliche Grundlagen und Methoden für einen nachhaltigen Umgang mit Wasserressourcen erarbeitet. Ebenfalls relevant sind die Ergebnisse des Ressourcenprojekts «Slow Water». Dieses verfolgt das Ziel, durch hydro- und bewirtschaftungstechnische Massnahmen die Wasserrückhaltung in Böden und Grundwasserleitern zu erhalten und zu fördern. Das Forum «Nachhaltiges Wassermanagement in der Landwirtschaft» unterstützt den landesweiten Wissens- und Erfahrungs-

austausch zu diesem Thema. Die zugehörige Wissensplattform wird von AGRIDEA betrieben und umfasst eine zentrale Webplattform zur Unterstützung der landwirtschaftlichen Praxis.

### 5.3 Alpen

Wie im *Kapitel 5.2* «Alternative Massnahmen» erwähnt, kommt der Nutzung und Erhaltung der Sömmerungsflächen im Berggebiet grosse Bedeutung zu. Um die Wasserversorgung bei Alpbetrieben sicherzustellen, stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung (SAP, 2023), darunter:

- Sorgsamer Umgang mit dem aktuell zur Verfügung stehenden Wasser. Dies umfasst sowohl technische Aspekte als auch die Festlegung von Regeln zur Nutzungspriorisierung bei Wasserknappheit sowie zur Speicherung und Verteilung des Wassers. Dabei spielen Kenntnisse über die Schüttmengen und die Wasserqualität von Quellen eine wichtige Rolle, um diese möglichst effizient zu nutzen.
- Sammlung und Wiederverwendung von gebrauchtem Wasser (Brauchwasser), z. B. zur Milchkühlung oder Stallreinigung.
- Bau von Speichersystemen. Dabei kommen unterschiedliche Lösungen in Frage, von natürlich gestalteten Teichanlagen bis zu unterirdischen Zisternen (*Prométerre, Montanum & Société vaudoise d'économie*

*alpestre, 2024*). Jede Lösung weist spezifische Vor- und Nachteile auf. Im Bergell bietet sich aus ökologischer, landschaftlicher und touristischer Sicht eine naturnahe Variante besonders an. Studien zeigen, dass solche naturnahen Rückhaltebecken die Wasserverfügbarkeit erhöhen und gleichzeitig das Abflussregime verbessern und die Landschaftsvernetzung fördern können (Staccione et al., 2021).

- Neben den verschiedenen Speichersystemen bestehen auch unterschiedliche Möglichkeiten des Wasserbezugs, die nach verschiedenen Kriterien – ökologischen, wirtschaftlichen, landschaftlichen – bewertet werden sollten.
- Synergien mit Nachbaralpen einplanen und nutzen, um Engpässe zu bewältigen.

Weitere Informationen und Praxisbeispiele bietet das agripedia-Wissensportal unter dem Thema «Alpwirtschaft – Wasserversorgung auf der Alp».

### 6. Fazit

Die durchgeführte Studie liefert eine fundierte Grundlage, um den Wasserbedarf der Landwirtschaft im Rahmen der anstehenden Konzessionserneuerung der Wasserkraftwerke zu berücksichtigen. Die umfassende Analyse und die erzielten Ergebnisse bilden zudem eine wichtige Basis für eine nachhaltige

und zukunftsorientierte Wasserbewirtschaftung im Tal. Ein mögliches weiteres Vorgehen wurde skizziert und bestehende Datenlücken aufgezeigt, die für eine weiterführende Bewässerungsplanung relevant sind.

Die Studie hat darüber hinaus einen Dialog mit den kantonalen Behörden und weiteren relevanten Akteuren über Klimaanpassungsmassnahmen für das Bergell initiiert. Dabei können auch alternative Ansätze zur Bewässerung im Fokus stehen. Ein nächster sinnvoller Schritt wäre, die im Beitrag genannten sowie weitere mögliche Massnahmen in Zusammenarbeit mit Fachpersonen unterschiedlicher Disziplinen zusammenzutragen und zu priorisieren. In enger Zusammenarbeit mit den lokalen Landwirtinnen und Landwirten könnten anschliessend konkrete Massnahmen ausgewählt und vertieft werden. Ziel ist es, langfristig passende, innovative und multifunktionale Lösungen für die Bergeller Landwirtschaft unter veränderten klimatischen Bedingungen zu entwickeln.

### Danksagung

Die Autorinnen und Autoren danken der Gemeinde Bregaglia und dem ewz für die Finanzierung und die Unterstützung der Studie sowie den Bergeller Landwirtinnen und Landwirten für ihre engagierte Mitarbeit und die wertvollen Einblicke in die landwirtschaftliche Praxis vor Ort. 🍷

#### Quellen:

- ▷ Allen, R.G. ; Pereira, L.S. ; Raes, D. ; Smith, M. (1998): Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rom. 300 S.
- ▷ Ambrosi, L., Berger, V., Rainer, G., Obojes, N., Tappeiner, U., Tasser, E., & Leitingner, G. (2024). Spatiotemporal variability of evapotranspiration in Alpine grasslands and its biotic and abiotic drivers. *Ecohydrology*, 17(3), e2633. <https://doi.org/10.1002/eco.2633>
- ▷ Andrey, A., Humbert, J. Y., & Arlettaz, R. (2016). Functional response of leaf-and planthoppers to modern fertilisation and irrigation of hay meadows. *Basic and Applied Ecology*, 17(7), 627–637.
- ▷ Baumgartner, T., Heinz, M., Turek, M.E., Erismann, G., Kohling, M., Aasen, H., Holzkämper, A. (2025). *SwissIrrigationInfo* – Modellbasierte Schätzungen des Wasserverbrauchs für Bewässerung in der Schweiz. Projektbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Agroscope Science Nr. 212, Agroscope, Bern. <https://doi.org/10.34776/as212g>
- ▷ Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). (2024). Leitfaden Bewässerung. Erstellt von EBP Schweiz AG und der Berner Fachhochschule – Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (BFH-HAFL).
- ▷ CH2018 (2018). CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, 271 pp. ISBN: 978-3-9525031-4-0
- ▷ Emch & Berger AG (2023). Konzept Schwammland. Naturbasierte Lösungen für Klimaschutz,

- Klimaanpassung, Wasserressourcenmanagement und Biodiversitätsförderung in der Landschaft.
- ▷ Eisenring, S., Holzkämper, A., & Calanca, P. (2021). Berechnung der Bewässerungsbedürfnisse unter aktuellen und zukünftigen Bedingungen in der Schweiz. *Agroscope Science*, Nr. 107. <https://doi.org/10.34776/AS107G>
- ▷ Feigenwinter I, Kotlarski S, Casanueva A, Fischer AM, Schwierz C, Liniger MA, 2018: Exploring quantile mapping as a tool to produce user-tailored climate scenarios for Switzerland, Technical Report MeteoSwiss, 270, 44 pp.
- ▷ Freudiger, D., Marc Vis, M. & Seibert, J. (2021). Mittlere Abflüsse vergletschter Einzugsgebiete. In *Hydro-CH2018: Szenarien bis 2100*. Hydrologischer Atlas der Schweiz. [https://hydromapscc.ch/#de/8/46.830/8.190/bl\\_hds--103\\_standorte\\$0/NULL](https://hydromapscc.ch/#de/8/46.830/8.190/bl_hds--103_standorte$0/NULL).
- ▷ Fuhrer, J., & Smith, P. (2015). Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft. *Agroscope* im Auftrag vom Amt für Umweltschutz und Energie, Kanton Basel-Landschaft.
- ▷ Inauen, Nicole & Körner, Christian & Hiltbrunner, Erika. (2013). Hydrological consequences of declining land use and elevated CO<sub>2</sub> in alpine grassland. *Journal of Ecology*. 101. 86–96. 10.2307/23354669.
- ▷ Klaus Lanz; Eric Rahn; Rosi Siber; Christian Stamm (2014): Bewirtschaftung der Wasserressourcen unter steigendem Nutzungsdruck. Thematische Synthese 2 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», Bern.
- ▷ Marbot, B., Schneider, M., & Flury, C. (2013). Wiesenbewässerung im Berggebiet. *Agroscope*, Zurich.

- ▷ MeteoSwiss & ETH Zurich (2025): Climate CH2025 – Scientific Report. Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss, Zurich, <https://doi.org/10.18751/climate/scenarios/ch2025/sr/1.0/>
- ▷ Prométerre, Montanum & Société vaudoise d'économie alpestre. (2024). Massnahmen zur Wasserversorgung auf den Alpen [Merkblatt].
- ▷ Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für die Berggebiete (SAB). (2023). Dialogplattform Forschung – Praxis in der Berglandwirtschaft. Fact Sheet Nr. 1: Umgang mit zunehmender Wasserknappheit in der Berglandwirtschaft.
- ▷ Smith, P. C., Calanca, P., & Fuhrer, J. (2012). A Simple scheme for modeling irrigation water requirements at the regional scale applied to an Alpine River Catchment. *Water*, 4(4), 869–886.
- ▷ Staccione, A., Broccoli, D., Mazzoli, P., Bagli, S., & Mysiak, J. (2021). Natural water retention ponds for water management in agriculture: A potential scenario in Northern Italy. *Journal of environmental management*, 292, 112849.
- ▷ van den Bergh, T., Körner, C. & Hiltbrunner, E. Alnus shrub expansion increases evapotranspiration in the Swiss Alps. *Reg Environ Change* 18, 1375–1385 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1246-x>

#### Autor:

- ▷ Timo Wicki, AquaPlus AG, Gotthardstrasse 30, 6300 Zug, [timo.wicki@aquaplus.ch](mailto:timo.wicki@aquaplus.ch)
- ▷ Mathieu Camenzind, AquaPlus AG, Gotthardstrasse 30, 6300 Zug, [mathieu.camenzind@aquaplus.ch](mailto:mathieu.camenzind@aquaplus.ch)