

Rückhalteweiher zur Bewässerung von Grünland im Berggebiet

Dieses Faktenblatt wurde im Rahmen des Pilotprojekts «Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden» erarbeitet und die Resultate werden im Schlussbericht zum Monitoring durch Agroscope weiter eingeordnet.

Rückhalteweiher (Retentionsweiher) können als Anpassungsmassnahme gegen zunehmende sommerliche Trockenheit in der Berglandwirtschaft dienen. Sie speichern Niederschlags- und Hangabflusswasser, dämpfen Abflussspitzen und, sofern Rückhalteweiher mit Versickerung eingesetzt werden, verbessern sie die Bodenwasservorräte. Dadurch steht in Trockenphasen Wasser für gezielte Zusatzbewässerung zur Verfügung, was Ertrags- und Versorgungsausfälle verringern kann. Unter standortgerechter Auslegung und fachgerechter Umsetzung sind Rückhalteweiher eine technisch bewährte und klimawirksame Massnahme zur Stabilisierung der landwirtschaftlichen Produktion.

Monitoring: Der Verbrauch lässt sich durch standardisierte Datenerfassung zuverlässig belegen. Wasserzähler, Bodenfeuchtesensoren und evapotranspirations-basierte Steuerungen dokumentieren Entnahmemengen, Bewässerungsgaben und Speicherzustände. Interessant kann es sein die Einbussen der Felderträge und die damit verbundenen notwendigen Futterzukäufe zu erfassen, wobei jedoch schwer zu erfassende Referenzwerte notwendig wären.

Empfehlungen: Rückhalteweiher sollten gezielt dort gefördert werden, wo sie betriebliche Versorgungssicherheit und Biodiversitätsnutzen kombinieren. Kantonal standardisierte Verfahren (z. B. für Lagepläne, hydrologische Bilanz, Mindestwasserregelung und Unterhalt) erleichtern Bewilligungen. Schulungs- und Beratungsangebote zur Dimensionierung, Steuerung und Pflege sollten ausgebaut werden. Ergänzend sollten vorbeugende Massnahmen wie Bodenstrukturverbesserung, Erosionsschutz und dezentrale Wasserrückhaltung sowohl in die betriebliche Planung als auch in das regionale Wassermanagement integriert werden.

Vertrauen in die Wirksamkeit	Hohe Übereinstimmung & Mittlere Evidenz
Zeithorizont	Sofort wirksam
Technische Bereitschaft	Anwendungsbereit
Annahmen Skalierung Graubünden	Trocknungsgefährdete, topografisch geeignete und bewilligungsfähige Standorte
Potenzial Graubünden	20-50 Standorte



Inhalt

Rückhalteweiler zur Bewässerung von Grünland im Berggebiet	1
1 Klimarisiko für die Landwirtschaft im Berggebiet.....	1
2 Technisches Potenzial	1
2.1 Wirkungsmechanismus der Anpassungsmassnahme	1
2.2 Technisches Potenzial der Anpassungsmassnahme	1
2.3 Vertrauen in die Wirksamkeit	2
3 Systembetrachtung.....	3
3.1 Synergien.....	3
3.2 Limitierungen, Zielhierarchien	3
3.3 Kostenbetrachtungen	4
4 Überlegungen zum umsetzbaren Potenzial Kanton Graubünden	5
4.1 Erfahrungen aus den Pilotprojekten	6
5 Förderung und Überwachung	7
5.1 Monitoring, Reporting and Verification	7
5.2 Existierende und mögliche weitere Förderprogramme und Instrumente	7
6 Fazit und Empfehlung	7
7 Literatur	8

Impressum

Copyright: Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden, Cazis 2026
Autor:innen: J. von Toggenburg (seecon), R. Heinisch (ecovia), J. Heeb (seecon)
Fotos: Bilderarchiv Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden oder angegeben
Datum: Juni 2026

Dieses Faktenblatt wurde im Rahmen des Pilotprojekts «Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden» erarbeitet und die Resultate werden im Schlussbericht zum Monitoring durch Agroscope weiter eingeordnet.



1 Klimarisiko für die Landwirtschaft im Berggebiet

Die aktuellen Schweizer Klimaszenarien «Klima CH2025» zeigen deutlich ausgeprägte saisonale Verschiebungen in der Wasserverfügbarkeit. Die Sommer werden trockener und die Böden verlieren zunehmend Feuchtigkeit, während die Winter mehr Niederschlag bringen und dieser häufiger als Regen statt als Schnee fällt. Parallel dazu steigen die Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen weiter an: Bei einer globalen Erwärmung um 3 °C werden starke eintägige Regenereignisse etwa 44 % heftiger und Sommergewitter werden energiereicher (MeteoSchweiz & ETH Zürich, 2025). Die Nullgradgrenze hat sich seit 1901 um rund 480 m erhöht; Klimaszenarien weisen für das globale Erwärmungsniveau von 3 °C einen zusätzlichen Anstieg um etwa 550 m aus. Die Folgen sind abnehmende saisonale Wasserspeicherung in der Schneedecke, frühere Abflussspitzen und eine Verlagerung des Abflusshöhepunkts vom Frühjahr / Sommer in den Winter / Frühling, was im Vegetationshalbjahr trockeneren Böden Vorschub leistet (MeteoSchweiz & ETH Zürich, 2025).

Für die Berglandwirtschaft ergeben sich daraus erhebliche Herausforderungen für die Grünlandnutzung. Abnehmende Schneereserven, eine erhöhte Verdunstung im Frühjahr sowie zunehmend trockene Sommerperioden verringern die nutzbare Feldkapazität und verstärken Wasserdefizite während entscheidender Wachstumsphasen. Unter solchen Bedingungen führt Wasserknappheit unmittelbar zu Ertrags- und Qualitätsverlusten: In ausgeprägt trockenen Sommern können bis zu 25 % der schweizweiten Raufutterproduktion ausfallen (Calanca et al., 2022).

Auf den höher gelegenen Sömmerungsweiden der Alpwirtschaft treten Klimarisiken vor allem in Form von ausfallenden Quellen und Engpässen in der Tränkewasserversorgung auf; Bewässerung spielt dort kaum eine Rolle. Im Dürresommer 2018 mussten zahlreiche Alpen notfallmässig mit Helikoptern, Notbrunnen oder provisorischen Reservoirs versorgt werden, weil Quellschüttungen teilweise vollständig versiegten (BAFU, 2019). Diese spezifischen

Rahmenbedingungen der Alpwirtschaft werden im Faktenblatt nur abgrenzend erwähnt.

2 Technisches Potenzial

2.1 Wirkungsmechanismus der Anpassungsmassnahme

In der berglandwirtschaftlichen Produktion zeigen Studien und Praxis, dass bedarfsgerechte Zusatzbewässerung in Engpassphasen die Futterqualität stabilisieren kann (Raumberg-Gumpenstein & SUPER-G Consortium, 2024). Bewässerung hat in verschiedenen Regionen eine lange Tradition. Rückhalteweiler (auch Retentionsteiche oder Retentionsweiher genannt) halten Niederschlags- und Hangabfluss zurück und dämpfen Abflussspitzen. Varianten mit Folie dienen vor allem der Rückhaltung und Bereitstellung von Wasser, ohne dass dieses im Untergrund versickert. Rückhalteweiler ohne Folie erhöhen zusätzlich die Versickerung; dadurch verbessern sich die Grundwasserneubildung und die Bodenwasservorräte (nutzbare Feldkapazität), und Wasser bleibt in der Berglandwirtschaft länger pflanzenverfügbar (Europäische Kommission, 2014). Darüber hinaus lassen sich im direkten Nahbereich kleine mikroklimatische Veränderungen beobachten, beispielsweise eine leicht erhöhte Luftfeuchte oder eine gedämpfte Temperaturdynamik.

In der Alpwirtschaft können Rückhalteweiler insbesondere die Tränkewasserversorgung in Trockenphasen sicherstellen und damit den Bedarf an aufwendigen Wassertransporten – einschliesslich Helikopterflügen – deutlich reduzieren.

2.2 Technisches Potenzial der Anpassungsmassnahme

Rückhalteweiler stellen bei ausreichendem Zufluss und geeigneter Auslegung betrieblich nutzbares Wasser für Trockenphasen bereit und senken so Ertragsrisiken auf bewässerten Flächen. Die nutzbare Fläche wird wesentlich durch die Lage des Weihers beeinflusst: Rückhalteweiler werden bevorzugt in Hanglagen oder Mulden mit natürlichem Zufluss aus Niederschlags- und Hangabfluss angelegt und möglichst oberhalb der zu bewässernden Parzellen, um eine Schwerkraftbewässerung zu ermöglichen. Gemäss Leitplan der Bewässerung des Bundesamts für



Landwirtschaft (BLW, 2024) müssen Speicherbecken fallweise nach saisonalem Kulturbedarf, Auffüllungsmöglichkeiten, Verdunstungsverlusten und Versickerungsverlusten (falls ohne Folie) dimensioniert werden. Vom Volumen her werden in der Berglandwirtschaft oft Rückhalteweiher von wenigen hundert bis ca. 3000m³ gebaut (Europäische Kommission, 2014; Riedi, 2024). Die Planung sollte in enger Abstimmung mit den zuständigen kantonalen Fachstellen erfolgen.

In der Berglandwirtschaft werden Rückhalteweiher teilweise ohne künstliche Abdichtung ausgeführt, sofern eine Versickerung gewollt und unproblematisch ist (z.B. in Bezug auf Hangstabilität). Neben der Bereitstellung von Bewässerungswasser kann die dabei auftretende Versickerung lokal zum Wasserrückhalt im Boden beitragen. Einlaufseitig sammeln Rückhalteweiher meist Hangabfluss oder kleine Fassungen; bei höherer Schmutzfracht sorgen einfache Vorabscheider für geringere Sedimenteinträge. In der technischen Ausführung sind Rückhalteweiher bewährt mit Hauptbecken und gesicherter Mindestwasserführung über Nebenbecken (~¼ des Hauptvolumens), Notüberlauf oder betrieblich über eine Mindestwasserstandslinie/Wehrregelung. Ufer- und Bauwerksdetails sollten amphibien- und erosions sicher ausgeführt werden (Oertli, 2018; Direction générale de l'environnement & Parc Jura vaudois, 2024). Die Wasserentnahme erfolgt in der Regel über einfache, gravimetrisch betriebene Leitungen. Für die Bewässerung eignen sich zum Beispiel mobile Beregnungssysteme mit geringem Druckbedarf, die bei geeigneter Hanglage drucklos betrieben werden können. Die Topographie sollte für Schwerkraftverteilung und kurze Leitungswege genutzt werden, um den Energiebedarf zu minimieren (Bio Suisse & Naturland, 2023; BAFU, 2019). Auf dieser technischen Grundlage erfolgt die Realisierung ausserhalb der Bauzonen im Rahmen des Meliorations- bzw. Strukturverbesserungsverfahrens. Die Kantone definieren dafür die einzureichenden Unterlagen und prüfen insbesondere Aspekte des Natur- und Grundwasserschutzes (BAFU & BLW, 2013; Ebenrain BL & AUE BL, 2021; Amt für Natur und Umwelt Graubünden, 2026).

2.3 Vertrauen in die Wirksamkeit

Naturbasierte Wasserrückhaltmassnahmen (Natural Water Retention Measures, NWRM), wie Retentionsteiche, sind wirksame Massnahmen, um Wasserverfügbarkeit und ökologische Funktionen zu sichern sowie Dürren und Hochwasser zu verringern. Sowohl das EU-Policy-Dokument als auch der IPCC AR6 sehen sie als zentrale Bestandteile integrierter Wasser- und Risikomanagementstrategien (Europäische Kommission, 2014; IPCC, 2022; Magnier et al., 2024). Die Evidenzbasis ist mittel, da hydrologische Modellierungen und Überprüfungen robust sind, jedoch sollten mehrjährige, experimentell kontrollierte Studien zur Ertragswirkung in der Berglandwirtschaft noch ausgebaut werden. Für Rückhalteweiher als Anpassungsmassnahme besteht somit «Hohe Übereinstimmung & mittlere Evidenz» (Abbildung 1).

Vertrauen in die Wirksamkeit		
Bezüglich Übereinstimmung und Qualität der Evidenz in der akademischen Literatur		
5 Hohe Übereinstimmung & Robuste Evidenz	4 Mittlere Übereinstimmung & Robuste Evidenz	3 Geringe Übereinstimmung & Robuste Evidenz
4 Hohe Übereinstimmung & Mittlere Evidenz	3 Mittlere Übereinstimmung & Mittlere Evidenz	2 Geringe Übereinstimmung & Mittlere Evidenz
3 Hohe Übereinstimmung & Begrenzte Evidenz	2 Mittlere Übereinstimmung & Begrenzte Evidenz	1 Geringe Übereinstimmung & Begrenzte Evidenz

Abbildung 1: Vertrauen in die Wirksamkeit in naturbasierte Wasserrückhaltmassnahmen (nach Mastrandrea et al., 2010).

Diese Bewertung wird aus verschiedenen Wirkungspfaden von Rückhalteweihern abgeleitet:

- **Bewässerungsbereitstellung:** Kleine Speicher überbrücken saisonale Defizite direkt.
- **Ertragssicherung:** Zusatzbewässerung reduziert Dürreverluste, Ertragsvariabilität und stabilisiert Erntetermine.
- **Abflusssdämpfung:** Feldmessungen aus internationalen Studien zeigen, dass kleine Rückhalteweiher Abflussspitzen spürbar dämpfen können (Black et al., 2021). Jedoch sind diese Beispiele bisher limitiert und es gibt keine ausreichende Evidenz in der Schweiz.
- **Erosionsminderung:** der Boden wird vor Erosion geschützt durch weniger starken Oberflächenabfluss (BAFU & BLW, 2013).



3 Systembetrachtung

3.1 Synergien

Rückhalteweier stärken Berglandwirtschaftsbetriebe, indem sie Bewässerungswasser in Trockenphasen bereitstellen und Entnahmen aus sensiblen Gewässern oder Trinkwassernetzen senken. Sie tragen also dazu bei, dass Produktionsausfälle vermieden werden, wodurch die Treibhausgasintensität der Produktion sinkt, weil Emissionen nicht auf verminderte Erträge verteilt werden müssen (Bretscher, 2014).

Rückhalteweier können bei passender Auslegung und mit einer Saugstelle oder einem Entnahmeschacht, einem definiertem Mindestwasserstand und ganzjähriger Zufahrt als dezentrale Löschwasserreserve dienen. Dies wie in der FKS-Richtlinie „Versorgung mit Löschwasser“ und deren kantonaler Umsetzung definiert (FKS, 2019; GVZ/GVG, 2020).

Über die Wasserversorgung hinaus erbringen Weiher Ökosystemleistungen: die Dämpfung der Abflussspitzen, Sediment- und Nährstoffrückhalt verbessern die Wasserqualität im Vorfluter (Janke et al., 2022; Heinisch, 2003; Robotham et al., 2021). Fachgerecht gestaltete, agroökologische Teiche, mit gesicherter Mindestwasserführung, Notüberlauf sowie amphibien- und erosionssicherer Ausführung schaffen strukturreiche Kleinhabitate und fördern Biodiversität (Oertli, 2018; Rosset et al., 2014; Direction générale de l'environnement & Parc Jura vaudois, 2024). Zusätzlich kann die Kombination aus Wasserfläche und zielgerichteter Bewässerung mikroklimatisch ausgleichend wirken und damit die Hitzebelastung im Nahbereich senken (Jandaghian & Colombo, 2024). Hinsichtlich Ressourcenschonung, verringert die dezentrale Speicherung von Wasser den betrieblichen Energiebedarf, da Bewässerung häufig gravimetrisch erfolgen kann, und senkt indirekt Transportaufwände für Futter und Wasserversorgung, was Arbeitsbelastung und Betriebskosten reduziert. Landschaftlich gut integrierte Weiher können Erholung, Landschaftsbild, und gesellschaftliche Akzeptanz fördern.

In der Alpwirtschaft liegt der Schwerpunkt auf der Sicherstellung der Tränkewasserversorgung. Rückhalteweier tragen dort durch standortnahe Wasserquellen zum Tierwohl bei, da sie Situationen mit Wassermangel, Hitzestress oder langen Tränkewegen vorbeugt (Tobias et al., 2023).

3.2 Limitierungen, Zielhierarchien

Für den Bau und Betrieb von Rückhalteweihern für Bewässerung ist ein Bedarfsnachweis für den Betrieb vorzulegen (Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement – Landwirtschaft und Wald, 2024). Es darf nur sauberes Regen- oder Quellwasser genutzt werden; verschmutztes Wasser ist auszuschliessen (Gewässerschutzgesetz Art. 6). Bei Rückhalteweihern mit Versickerung, muss die Teichsohle mindestens 1 m über dem höchsten jahreszeitlichen Grundwasserstand liegen, damit eine ungesättigte Bodenzone als natürliche Filter- und Schutzstrecke erhalten bleibt (BAFU, 2016). Versickerungsanlagen jeglicher Form sind in den Trinkwasser-Schutzzonen S1 und S2 in der Regel nicht zulässig, um Fassungen und Grundwasser vor Einträgen zu schützen. In der Praxis werden diese Anforderungen durch mehrere Stellen geprüft, was abzustimmende Zielvorgaben begründet: Raumplanung (Standort ausserhalb Bauzonen, Landschaftsverträglichkeit), Hydrologie/Gewässerschutz (Restwasser, Gewässerschutz), Direktzahlungs-/Strukturverbesserungsstellen (ÖLN, Anrechenbarkeit, Vermeidung von Doppelförderung; Agridea & BLW/LAWA, 2025).

In kleinräumigen Einzugsgebieten besteht bei unkoordinierter Nutzung höher gelegener Retentions- oder Bewässerungsweiher ein potenzielles Nutzungskonfliktpotenzial, da Wasserentnahmen oberhalb die Wasserverfügbarkeit unterliegender Betriebe in Trockenperioden beeinflussen können.

Um Verlagerungseffekte zu vermeiden, zum Beispiel einem Verschieben der Nutzungslast von einem Gewässer zum anderen, in andere Zeiten oder auf andere Nutzer, werden für Rückhalteweier mit Entnahme und Versickerung konzessionsrechtliche Entnahmeobergrenzen festgelegt. Die Entnahme wird behördlich vorgeschrieben gemessen. Die Obergrenzen müssen sicherstellen, dass angemessene Restwassermengen in Fliessgewässern dauer-



haft verbleiben. Bewilligungen/Konzessionen werden nur erteilt, soweit der Gewässerschutz gewährleistet ist. Die konkrete Ausgestaltung (Entnahmelimiten, Messungen) erfolgt im Rahmen der Einzugsgebietsabstimmung gemeinsam mit Gewässerschutz-, Wasserversorgungs- und Raumplanungsstellen des Kantons, damit ökologische Mindestanforderungen, öffentliche Wasserversorgung und raumplanerische Vorgaben gebietsweit konsistent sind. Je nach kantonaler Regelung ist ein Wasserrechts- oder Konzessionsverfahren erforderlich, insbesondere wenn Hang- oder Quellenwasser gefasst oder für Bewässerungszwecke genutzt wird.

Hinsichtlich der Gesamtwirkung zum Klimawandel, entstehen graue Emissionen aus Bau und Abdichtung sowie potenziell aus Pumpbetrieb. Retentionssteiche mit Versickerung und zeitweilig trockenfallenden Zonen verursachen tendenziell geringere CH₄-Emissionen als dauerhaft eingestaute Becken (Malerba et al., 2024). Dennoch bleiben kleine Stillgewässer relevante Methanquellen, und eine sauerstoffreiche, nährstoffarme Auslegung ist wichtig, um dem entgegenzuwirken (z.B. Beschattung, Zufussführung und regelmässige Pflege) (Deemer et al., 2016). Werden Rückhalteweier jedoch primär zur Intensivierung der Bewirtschaftung genutzt, um Trockenperioden auszugleichen und dadurch höhere Erträge oder Schnittfolgen zu ermöglichen, kann die Gesamtbilanz der absoluten Emissionen negativ ausfallen (Graf et al., 2014). Entscheidend ist deshalb, ob gespeichertes Wasser zur Anpassung oder zur Produktionssteigerung dient.

In der Zielhierarchie haben die Anforderungen des Gewässerschutzes, insbesondere hinsichtlich Mindestabfluss (Restwasser) und Wasserqualität, Priorität (GSchG, Art 1, 6, 29-31). In der Alpwirtschaft folgt an zweiter Stelle die Sicherstellung der Tränkwasserversorgung (TSchV Art. 4). In der Berglandwirtschaft steht die Ertragssicherung durch bedarfsgerechte Zusatzgaben im Vordergrund. Landschafts- und Erholungsziele werden berücksichtigt, soweit sie die Prioritäten von Umwelt- und Gewässerschutz nicht beeinträchtigen (LwG Art. 1).

Technisch sind Rückhalteweier sofort realisierbar. Absprachen im Einzugsgebiet und einheitliche Monitoring-Abläufe müssen sich noch einspielen und

können methodisch durch SwissIrrigationInfo gestützt werden (Pestoni et al., 2023). Pilotprojekte wie das Ressourcenprojekt „Slow Water“ werden die dazu passenden Praxis- und Fallbeispiele samt erprobten Bau- und Betriebskonzepten liefern (Ressourcenprojekt Slow Water – Projektteam, 2023). Sobald sie erstellt sind, erzeugen Rückhalteweier folgende Effekte: i) kurzfristig punktuelle Zusatzbewässerung und lokale Abflusssdämpfung ab Inbetriebnahme. ii) Mittelfristig (1–10 Jahre) stabilisieren sich Erträge und Nährstoff-/ Erosionsausträge nehmen ab. iii) Langfristig (> 2050) können vernetzte, dezentral platzierte Speicher die Klima-Resilienz des Systems erhöhen.

3.3 Kostenbetrachtungen

Orientierungswerte für Investitions- und Betriebskosten zeigen klare Skaleneffekte: mit Versickerung (ohne Folie) liegen die Vollkosten grössenabhängig bei ca. 160/135/84/55 CHF für 100/200/500/1000 m³, ohne Versickerung (Folie/Dichtung) bei ca. 300/260/160/113 CHF pro m³ (Agridea / BLW & LAWA, 2025). Die Dimensionierung und Topografie prägen die Stückkosten stark. Zusätzlich sollte man mit Unterhaltskosten rechnen wie jährliches mähen, Gehölze entfernen, alle 5-7 Jahre Schlammräumung (je nach Grösse, Sedimenteintrag, Zugänglichkeit, Topographie). Für mittelgrosse Systeme (ca. 1000 m³) werden jährliche Kosten auf 1000-2500 CHF / Jahr mit Versickerung und 2000-3500 CHF / Jahr ohne Versickerung sowie ca. 10-40 h Eigenleistungen geschätzt (Agridea / BLW & LAWA, 2025).

Rückhalteweier stabilisieren die Grundfutterversorgung und reduzieren das Produktionsrisiko in Trockenjahren für Berglandwirtschaftsbetriebe. Die Wirtschaftlichkeit entsteht dabei weniger durch Mehrertrag, sondern vor allem durch vermiedene Kosten (pumpen, Futterzukäufe), höhere Versorgungssicherheit und eine insgesamt bessere betriebliche Klimaresilienz. Somit bieten sie sowohl betrieblichen als auch öffentlichen Nutzen.

Die Investitionskosten sind jedoch signifikant, und die Wirtschaftlichkeit hängt stark von Standort, Bewässerungstechnik, Wasserverfügbarkeit und Betriebsorganisation ab. Bewässerung im Grünland ist häufig nur begrenzt rentabel und die Monetarisierung



rung unsicher (Zorn & Lips, 2016). Bei der Bewässerung von spezialisierten Kulturen dagegen entstehen deutlichere ökonomische Vorteile. In der Berglandwirtschaft können Rückhalteweiher zusätzlich helfen Engpässe zu überbrücken und Futterzukäufe zu reduzieren; die Wirtschaftlichkeit bleibt jedoch stark abhängig von Dürrehäufigkeit, Futterpreisen und technischen Rahmenbedingungen (Riedi, 2024).

Wird die Kosten-Nutzen-Rechnung um Umwelt- und Sicherheitsnutzen erweitert, verbessert sich die Bilanz: geringere Erosions-/Sedimentkosten, Nährstoffrückhalt und damit vermiedene Behandlungskosten (Janke et al., 2022; Heinisch, 2003). Bei Einhaltung der strikten Vorgaben für Löschwasserreserven, kann dieser Wert hinzukommen. Die erweiterte Kosten-Nutzen-Betrachtung zeigt vor allem vermeidbare Kosten und Produktivitätsgewinne.

4 Überlegungen zum umsetzbaren Potenzial Kanton Graubünden

Im Unterschied zu den anderen Faktenblättern dieser Reihe wird in diesem Kapitel kein THG-Einsparpotenzial beziffert. Rückhalteweiher sind primär eine Klimaanpassungsmassnahme und sichern die Wasserverfügbarkeit unter veränderten klimatischen Bedingungen, greifen aber nicht direkt in emissionsrelevante Prozesse ein. Indirekte Effekte, etwa eine tiefere Treibhausgasintensität durch stabilisierte Erträge sind zwar plausibel, lassen sich jedoch mit den verfügbaren Daten nicht belastbar quantifizieren. Die folgenden Überlegungen beziehen sich daher auf das physische Umsetzungspotenzial (Anzahl Standorte und Speichervolumen). Wiederkehrende Sommertrockenheit und damit verbundene Ertragsrisiken für Raufutter treten besonders auf Berglandwirtschaftsflächen in inneralpinen Tälern wie dem Churer Rheintal, der Surselva/Ilanz, dem Domleschg/Heizenberg, Mittelländern, dem Unter- und Oberengadin mit Münstertal und dem Puschlav auf (Göpfert, 2007). Betroffen sind vor allem süd- bis westexponierte, flachgründige Standorte mit geringer nutzbarer Feldkapazität, hoher Strahlungsintensität und steiler Hanglage (ANU GR, 2023; BAFU, 2023b). Höher gelegene Lagen weisen zwar tendenziell höhere Niederschläge auf, können jedoch aufgrund steiler Expositionen,

flachgründiger Böden, geringer nutzbarer Feldkapazität und beschleunigter Abflussprozesse ebenfalls deutlich trocknungsanfällig sein. Auf Böden mit geringer nutzbarer Feldkapazität (30–50 mm) übersteigt das sommerliche Wasserdefizit in den betroffenen Regionen regelmässig 70 mm, in ausgeprägten Dürrejahre auch deutlich mehr (Göpfert, 2007). Um dieses Defizit auszugleichen, sind über den Sommer typischerweise 3–5 Beregnungsgaben von je 20–25 mm erforderlich. In der Berglandwirtschaft übliche Rückhalteweiher von wenigen hundert bis ca. 3'000 m³ (siehe Abschnitt 2.2) ermöglichen je nach Grösse und saisonaler Nachfüllung die Versorgung von 2–10 ha Grünlandfläche.

In jeder der sechs bewässerungsbedürftigen Talschaften bestehen mehrere geeignete Standorte für Rückhalteweiher, vorausgesetzt, die topographischen, hydrologischen, geologischen und rechtlichen Standortvoraussetzungen sind erfüllt. Bei einer konservativen Annahme von 3–8 Standorten pro Talschaft ergibt sich eine Grössenordnung von ungefähr 20–50 Rückhalteweiher mit einem geschätzten Gesamtspeichervolumen von 20'000 – 75'000 m³. Dabei weisen grosse Talschaften wie das Engadin entsprechend mehr Potenzial auf als kleinere, wie das Münstertal oder Puschlav.

Diese Abschätzung ist als erste Grössenordnung zu verstehen. Für eine belastbare Potenzialberechnung wäre eine GIS-gestützte Standortanalyse erforderlich, die insbesondere folgende Faktoren einbezieht: den Bedarf an mehrfachen Beregnungsgaben über die Saison, die standortspezifische saisonale Nachfüllung der Weiher durch ihre Einzugsgebiete, die topographischen Voraussetzungen, die hydrologische Eignung der Einzugsgebiete, die geologische Durchlässigkeit des Untergrundes am Weiherstandort, die Nähe und Erreichbarkeit trockenheitsanfälliger Landwirtschaftsflächen sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen. Eine solche Analyse würde ermöglichen, die Speicherdimensionierung an die lokalen Nachfüllraten und den saisonalen Bewässerungsbedarf zu koppeln und das umsetzbare Potenzial räumlich differenziert zu beziffern.

Eine flächendeckende sowie betriebsspezifische Zuordnung von Rückhalteweiher ist derzeit nicht



möglich. Zwar stehen verschiedene Datenquellen zur Verfügung, wie das Trockenheitsbulletin Graubünden und das Bodenmessnetz des Amt für Umwelt in Graubünden (ANU GR, 2023), die modellierten Bodenfeuchte- und Standortkarten der nationalen Trockenheitsplattform (BAFU, 2023b) sowie langfristige Bodenwasserpotenzial-Messungen der Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (WSL, o.J.). Messnetze wie Bodenfeuchte Ostschweiz (Bodenfeuchte Ostschweiz, 2023) und hydrologische Daten des Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2023a) bieten wertvolle Ergänzungen. Auch diese erlauben jedoch meist nur regionale oder standorttypische Risikoeinschätzungen. Für die operative Planung einzelner Rückhalteweiher bleiben weiterhin lokale Beobachtungen, Bewirtschaftung, bodenkundliche Standortabklärungen, Abschätzungen zu Hangab-

fluss und Wasserverfügbarkeit und Speicherkapazität sowie punktuelle Bodenfeuchtemessungen unverzichtbar.

Es ist standortspezifisch abzuklären, ob es einen Rückhalteweiher braucht. Besonders in der Berglandwirtschaft, kann es wirksam sein, Niederschlag breitflächig zu versickern und im Boden zu speichern, statt Wasser „oben“ zu stauen und später zu verteilen. Hierfür dienen Wasserretentionsmassnahmen wie Keyline-/Konturgräben, Mulden, Hecken / Agroforst-Streifen sowie Humus- und Bodenstruktur-Massnahmen. Diese Massnahmen, oder eine Kombination aus Massnahmen mit Rückhalteweiher sollten vorher geprüft werden, da sie oft geringere Kosten haben und einige Massnahmen einen geringeren Bewilligungsaufwand haben.

4.1 Erfahrungen aus den Pilotprojekten

Trotz unterschiedlicher Standortbedingungen und Zielsetzungen der folgenden Beispiele, sind bestimmte Erfahrungen und bewährte Praktiken grundsätzlich übertragbar. Im Kanton Graubünden liegt mit *Rehydra Val Lumnezia* ein Beispiel-Vorhaben vor: zwei naturnahe, nicht abgedichtete Rückhalteweiher mit zusammen rund 2800 m³ Nutzvolumen sind geplant. Dieser Speicher von $\approx 2800 \text{ m}^3$ erlaubt eine 28-mm-Gabe auf 10 ha (Riedi, 2024). Das Projekt steht in der Bewilligungsphase, welche durch den Pilotcharakter des Projekts und deshalb aufgrund von fehlenden standardisierten Abläufen etwas länger dauert (Riedi, 2024).

In anderen Regionen der Schweiz wurden bereits verschiedene Projekte umgesetzt. Auf dem Permakulturfhof Chuderboden im Kanton Luzern (ca. 700 m über dem Meeresspiegel) wurde ein Teich von 250 m² und bis 2 m Tiefe gebaut für die Bewässerung von Gemüse und Beeren. Er ist kombiniert mit zahlreichen weiteren Retentionsmassnahmen, wie Biotopen und Agroforst, um ein förderliches Mikroklima zu schaffen und der Teich funktioniert auch als Löschwasserreserve. Zusätzlich dient der Katzhof im Kanton Luzern als Beispielbetrieb für Keyline-Gräben und Speicherelemente. Derzeit werden im Kanton Basel-Land und Luzern weitere Retentionsbecken als Teil des Slow-Water Projektes erstellt, mit ersten Monitoring Ergebnissen ist im Herbst 2026 zu rechnen. Im Delinat-Projekt auf dem südfranzösischen Chateau Duvivier (ca. 400–460 m ü. M.) wird ein Netz von Teichen und Rückhalteweihern eingesetzt, um Niederschlagswasser und Hangabfluss auf dem Betrieb zu halten, die Infiltration zu fördern, Erosion zu mindern und den Bewässerungsbedarf der Rebflächen zu reduzieren.

Der Prozess, um einen Rückhalteweiher zu realisieren, sollte diesen Leitfragen folgen:

1. Reicht der Bewässerungsbedarf aus und welcher Standort (oberhalb der Versorgungsstellen) passt technisch/ökologisch am besten? (inklusive Einzugsgebietsgrösse, Gefälle, hydrologischer Zufluss)
2. Wer ist betroffen und wie werden Entnahmerechte, Restwasser und Qualitätsauflagen gemeinsam festgelegt?
3. Welche Gesuche und Bewilligungen sind nötig? Baugesuch (Gemeinde), Wasserrecht/Konzession (Kanton), ggf. Strukturverbesserung/Melioration (Landwirtschaftsamt) und welcher Zeitplan gilt?
4. Wird korrekt dimensioniert (inklusive Sicherung der Restwassermenge), unter Einhaltung relevanter gesetzlicher Vorgaben zu Gewässerraum, Grundwasserschutz, Waldabständen und Naturschutzaufgaben?
5. Wie werden Entnahmen gemessen, Gaben ET-/bodenfeuchtebasiert gesteuert und wann / wie oft wird der Bewässerungsbetrieb überprüft?



5 Förderung und Überwachung

5.1 Monitoring, Reporting and Verification

Die Wirkung von Rückhalteweihern lässt sich auf Betriebsebene zuverlässig und mit überschaubarem Aufwand quantifizieren, wenn Bau, Betrieb und Datenerfassung standardisiert sind: Der Einbau von Wasserzählern an Entnahme-/Zuleitungen und die ET-/Bodenfeuchte-gestützte Bewässerungssteuerung liefern belastbare Zeitreihen zu entnommenen Wassermengen (m³), applizierten Gaben (mm) und Bewässerungszeitpunkten. Daraus können gesicherte Flächen und vermeidbare Zukäufe/Ertragsausfälle abgeleitet werden.

Als Datenquellen stehen folgende zur Verfügung:

- Agrometeo für standortnahe Referenz-ET, Entscheidungshilfen (Agrometeo, o.J.)
- SwissIrrigationInfo für modell-/satellitengestützte Abschätzung des Bewässerungsbedarfs und der Nutzung (Pestoni et al., 2023)

Zur hydrologischen Validierung dienen:

- Messsysteme von MeteoSchweiz (Radar und CombiPrecip; MeteoSchweiz, o.J.)
- BAFU-Hydrologie für Abfluss-/Wasserstandsnetze und NAQUA für Grundwasserqualität (BAFU, 2023a; BAFU, o.J.)

Die Daten stammen oft aus Modellen, und sollten entsprechend für den Standort überprüft werden. Empfohlene Überwachungs-, Berichterstattungs- und Verifizierungsparameter sind: Speicherzustand (m³, min. Restwassermenge), Entnahmen, applizierte Bewässerungs-mm je Schlag und Zeitfenster kritischer Wachstumsphasen, Bodenfeuchte, Überlauf- und Ereignisprotokolle, und vermiedene Futterzukäufe. Die Ausführungskontrolle (Abnahme gegen Projektpläne) und die Unterhaltskontrolle (regelmässige Funktions- und Sicherheitsprüfung; periodische Pflege) sind als feste Projektschritte zu verankern.

5.2 Existierende und mögliche weitere Förderprogramme und Instrumente

Im Kanton Graubünden wurde im Rahmen des Projekts „Rehydra“ (Val Lumnezia) von den zuständigen kantonalen Stellen festgehalten, dass für eine Ertragssteigerung durch Bewässerung von Grünland derzeit keine Beiträge aus dem Agrarbudget ausgerichtet werden.

Investitionsbeiträge oder Kredite für landwirtschaftliche Wasserinfrastruktur werden überwiegend über Strukturverbesserungen bei den Kantonen abgewickelt. Die Strukturverbesserungsverordnung vom Bund (SR 913.1) regelt Investitionsbeiträge und -kredite für landwirtschaftliche Infrastrukturen, insbesondere in Bergregionen. Sie bleibt für bau- und anlagenbezogene Teile (z. B. Leitungen, Sammelbecken, Reservoirs, druckarme Verteilung) ein zentrales Finanzierungsinstrument (SVV/Fedlex, Stand 1.1.2025). Während das Bundesrecht die Förderung von Bewässerungsinfrastruktur grundsätzlich zulässt, wird die Bewässerung von Grünland in vielen Kantonen nicht als prioritäres Förderziel im Rahmen der Strukturverbesserungen betrachtet, da Kulturen mit hoher Wertschöpfung priorisiert werden. Die Förderfähigkeit hängt daher stark vom Kanton, und vom ausgewiesenen Anpassungsbedarf ab. Ausserdem gilt in den meisten Kantonen, dass Massnahmen mit gemischter Nutzung nur im landwirtschaftlichen Anteil unterstützt werden. Stiftungen und Fonds wie der Fonds Landschaft Schweiz (FLS) und die Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-FP) können sich restfinanzierend an landschafts- und biodiversitätsrelevanten Wasser-/Teichprojekten beteiligen.

In der Alpwirtschaft sind Rückhalteweiher für die Tränkewasserversorgung von Seiten der Bewilligung und Finanzierung grundsätzlich förderfähig. Sie werden im Rahmen der kantonalen Strukturverbesserungen und teilweise über Bundesmittel unterstützt, sofern Standort, Wasserqualität, Mindestwasserführung und Gewässerschutzauflagen erfüllt sind.



Durch das Forum nachhaltiges Wassermanagement in der Landwirtschaft werden praxisrelevante Informationen und Methoden zur Wasserretention, Infiltration und Speicherung bereitgestellt, um Bewässerung und Wassermanagement in der Landwirtschaft zu unterstützen (Agripedia – Wasserforum, o. J.). Auch die VSA-Initiativen zu Schwammstadt und Schwammland stellen Leitfäden, Weiterbildung und Netzwerke für integriertes Regenwassermanagement bereit und erleichtern die Kopplung mit kommunalen Budgets bei Schnittstellen zum Beispiel zwischen privaten und Gemeindeflächen, Landwirtschaftszonen und Siedlungs- oder Gewässerraum.

6 Fazit und Empfehlung

Der Klimawandel verstärkt im Kanton Graubünden die Sommertrockenheit und reduziert die natürliche Speicherung von Wasser im Boden. Vor der Planung eines Rückhalteweiher sollte standortspezifisch geprüft werden, ob breitflächige Wasserretentionsmassnahmen den Bewässerungsbedarf bereits decken oder wesentlich reduzieren können. Die Beratung und Förderung sollten diese vorgelagerte Prüfung systematisch vorsehen.

Wo Retentionsmassnahmen allein nicht ausreichen, können Rückhalteweiher einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie Wasser für Engpassphasen bereitstellen, Boden- und Wasserhaushalt stabilisieren, Abflussspitzen mindern und ökologischen Mehrwerte schaffen. Ihre Wirksamkeit ist gut belegt, doch hängt

das umsetzbare Potenzial stark von kantonalen Prozessen, Standort, betrieblicher Planung und der Integration in ein umfassendes Wassermanagement ab.

Die Etablierung kantonaler Standard-Dossiers (Lage- und Profilpläne, hydrologische Bilanz inklusive Mindestwasser, Natur- und Grundwasserschutz, Betriebs- und Unterhaltskonzept) sowie eine frühzeitige Einzugsgebietsabstimmung zwischen Raumplanung, Gewässerschutz, Wasserversorgung und Landwirtschaft würden Planung und Bewilligung vereinfachen.

Kantonale Leitlinien für Monitoring und Bewässerungssteuerung sowie eine praxisgerechte Aufbereitung vorhandener Daten – etwa zu Bodenfeuchte oder Trockenheitsindikatoren – könnten die betriebliche Entscheidungsfindung deutlich unterstützen.

Der Ausbau von Beratungs- und Schulungsangeboten, beispielsweise über den Plantahof oder kantonale Fachstellen, mit Modulen zu Dimensionierung, Bewilligung, Betrieb und Unterhalt, ET-/Sensorsteuerung sowie biodiversitäts- und gewässerschutzrelevanten Anforderungen würde die fachgerechte Umsetzung fördern.

Ergänzend zum Bau von Rückhalteweiher sollten betriebliche Strategien zur Stärkung des Boden- und Wasserhaushalts vorgesehen werden, etwa durch Erosionsprävention, Verdichtungsvermeidung, hohe Bodenbedeckung, dezentrale Wasserrückhaltung (z. B. Mulden, Gräben) sowie die betriebliche Planung für Dürreperioden.



7 Literatur

- Agridea / BLW & LAWA. (2025). *Slow Water: Massnahmenbeschreibungen und Übersicht zur Wasserretention im Kulturland* (Version 2025). Agridea / Agripedia. https://themes.agripedia.ch/wp-content/uploads/2025/11/Print_241125_Slow-Water_BLF_.pdf
- Agrometeo. (o. J.). *Bewässerung und meteorologische Daten zur landwirtschaftlichen Planung*. <https://www.agrometeo.ch/de>
- Agroscope. (o. J.). *Die Wirkung des Klimawandels auf die Alpweiden der Schweiz*. Agroscope.
- Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU GR). (2023). *Trockenheitsbulletins 2023*. Kanton Graubünden. <https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/aktuelles/umweltbeobachtung/trockenheit/>
- Bau- und Verkehrsdirektion des Kantons Bern. *Leitfaden Grundwasserschutzzonen im Kanton Bern*. Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern, Bern, 26 Jul 2022. <https://www.bvd.be.ch/content/dam/bvd/dokumentation/de/awa/wasser/gew%C3%A4sserschutz/grundwasserschutz/leitfaden-grundwasserschutzzonen.pdf>
- Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement – Landwirtschaft und Wald (LAWA), LUZERN. *Merkblatt: Lokale Wasserspeicherung für Bewässerung*. Sursee, 2024. 6 p. PDF: https://lawa.lu.ch/-/media/LAWA/Dokumentation/Landwirtschaft/Raumplanung_und_Baugesuche/Spezialkulturen/MB_Lokale_Wasserspeicherung.pdf
- Black, A. R., Spray, C., & Ellis, N. E. (2021). Natural flood management, lag time and catchment scale—Results from an empirical nested catchment study. *Journal of Flood Risk Management*, 14(3), e12717. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12717>
- Bretscher, D., Leuthold-Stärfl, S., Felder, D., & Fuhrer, J. (2014). Treibhausgasemissionen aus der schweizerischen Land- und Ernährungswirtschaft. *Agrarforschung Schweiz*, 5(11–12), 458–465. https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2014_1112_2022.pdf
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2004). *Wegleitung Grundwasserschutz* (Vollzug Umwelt VU-2508-D). <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/wegleitung-grundwasserschutz.html>
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) et al. (Hrsg.). (2019). *Hitze und Trockenheit im Sommer 2018 — Auswirkungen auf Mensch und Umwelt* (Umwelt-Zustand Nr. UZ-1909, 91 S.). Bundesamt für Umwelt. https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/2b5ypc0rboHe/hitze_und_trockenheit_im_sommer_2018.pdf
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2021). *Klimawandel in der Schweiz: Indikatoren und Szenarien*. <https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/tig2UuBSR6QU/klimawandel2020.pdf>
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2023a). *Hydrologische Daten und Vorhersagen*. <https://www.hydrodaten.admin.ch>
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (2023b). *Modellierte Bodenfeuchte und Standortfaktoren*. Nationale Trockenheitsplattform. <https://www.trockenheit.admin.ch/de/faktoren/boden/modellierte-bodenfeuchte>
- Bundesamt für Umwelt (BAFU). (o. J.). *Nationale Grundwasserbeobachtung (NAQUA)*. <https://www.bafu.admin.ch/de/naqua>
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) & Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). (2013). *Bodenschutz in der Landwirtschaft – Vollzugshilfe (Erosion/Bodenverdichtung)*. BAFU & BLW <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/boden/physikalische--chemische-und-biologische-bodenbelastungen/bodenschutz-in-der-landwirtschaft.html>
- Bio Suisse & Naturland. (2023). *Leitfaden für nachhaltiges Wassermanagement*. Bio Suisse & Naturland. https://www.naturland.de/images/02_erzeuger/documents/Naturland_und_BioSuisse_Leitfaden_f%C3%BCr_nachhaltiges_Wassermanagement_v2023.pdf



- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). (2024). *Leitfaden Bewässerung*. Bundesamt für Landwirtschaft. https://www.blw.admin.ch/dam/de/sd-web/bFFrHxh6EErQ/Leitfaden-Bew%C3%A4sserung_20240905.pdf
- Bodenfeuchte Ostschweiz. (2023). *Messnetz und Echtzeitdaten*. <https://www.bodenfeuchte-ostschweiz.ch>
- Calanca, P., Wüst-Galley, C., Giuliani, S., & Erdin, D. (2022). *Sommertrockenheit prägt die mittleren Grünlandstränge in der Schweiz*. *Agrarforschung Schweiz*, 13, 135–144. <https://doi.org/10.34776/afs13-135>
- Deemer, B. R., Harrison, J. A., Li, S., Beaulieu, J. J., Delsontro, T., Barros, N., ... & Vonk, J. A. (2016). *Greenhouse gas emissions from reservoir water surfaces: A new global synthesis*. *BioScience*, 66(11), 949–964. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw117>
- Direction générale de l'environnement (DGE) & Parc naturel régional Jura vaudois. (2024). *Fiche D14 – Étangs agroécologiques* (Boîte à outils pour les communes). Canton de Vaud. https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/biodiversite/fichiers_pdf/Boîte_à_outils_pour_les_communes/D-Milieus_naturels_et_aménagés_prairies_talus_friches_espaces_verts_.../Fiche_D14_Etangs_agroecologiques_20240918.pdf
- Ebenrain – Landwirtschaftliches Zentrum BL & Amt für Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft. (2021). *Faktenblatt Wasserspeicher für die Bewässerung*. <https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/wasser/publikationen-wasser-abwasser-1>
- Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. (o. J.). *SwissSPOT – Messung der Bodenwassersituation auf LWF-Flächen*. <https://www.wsl.ch/de/projekte/swissspot-swiss-forest-soil-water-potential-network/>
- Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt. (2014). *EU-Policy-Dokument zu natürlichen Maßnahmen zur Wasserrückhaltung* (Publikation Nr. KH-07-14-073-EN-N). Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://doi.org/10.2779/227173>
- Göpfert, R. (2007). *Ermittlung der Bewässerungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen im Kanton Graubünden*. Bündner Bauernverband; Amt für Landwirtschaft und Geoinformation Graubünden.
- Graf, R., Körner, P., & Birrer, S. (2014). *Bewässerungsanlagen als Ursache für die Nutzungsintensivierung von Grünland im Engadin*. *Agrarforschung Schweiz*, 5(10), 406–413. https://www.agrarforschungschweiz.ch/artikel/2014_10_2013.pdf
- Grimm, P. E. (2023). *La sauaziun a Ramosch e Tschlin – Bewässerung im Unterengadin*. Gammeter Media AG. ISBN 978-3-033-10164-7.
- Heinisch, R. (2003). Retentionsweiher helfen gegen die Überdüngung der Mittellandseen. *Kommunalmagazin*, 3/2003, 16–17. https://www.ecovia.ch/images/02-Dienstleistungen/01-Landschaftsarchitektur/02-Gewassertraeume/retentionsweiher-sagen/artikel_komunalmag_ret_weiher.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Food and Water* (IPCC AR6 WGII Fact Sheet). IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/about/factsheets/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *AR6 Synthesis Report*. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Jandaghian, Z., & Colombo, A. (2024). The role of water bodies in climate regulation. *Buildings*, 14(9), 2945. <https://doi.org/10.3390/buildings14092945>
- Janke, B. D., Finlay, J. C., Taguchi, V. J., & Gulliver, J. S. (2022). Hydrologic processes regulate nutrient retention in stormwater detention ponds. *Science of the Total Environment*, 823, 153722. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153722>
- Magnier, J., Fribourg-Blanc, B., Lemann, T., Witing, F., Critchley, W., & Volk, M. (2024). Natural/Small Water Retention Measures: Their Contribution to Ecosystem-Based Concepts. *Sustainability*, 16(3), 1308. <https://doi.org/10.3390/su16031308>
- Malerba, M. E., de Kluyver, T., Wright, N., Omosalewa, O., & Macreadie, P. I. (2024). *Including methane emissions from agricultural ponds in national greenhouse gas inventories*. *Environmental Science & Technology*, 58(19), 8349–8359. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08898>



- Mastrandrea, M. D., Field, C. B., Stocker, T. F., Edenhofer, O., Ebi, K. L., Frame, D. J., Held, H., Kriegler, E., Mach, K. J., Matschoss, P. R., Plattner, G.-K., Yohe, G. W., & Zwiers, F. W. (2010). *Guidance note for lead authors of the IPCC Fifth Assessment Report on consistent treatment of uncertainties*. (IPCC Guidance Note). ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf.
- MeteoSchweiz, & ETH Zürich. (2025). *Klima CH2025 – Klimazukunft Schweiz* (1. Aufl.). Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. <https://doi.org/10.18751/climate/scenarios/ch2025/brochure/1.0/de>
- MeteoSchweiz. (o. J.). *CombiPrecip – Niederschlagsprodukte (Produktseite & Dokumentation)*. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/service/wetter-und-klimaprodukte/combiprecip.html>
- MeteoSchweiz. (2024). *Viel Regen in kurzer Zeit*. MeteoSchweiz-Blog. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/ueberuns/meteoschweiz-blog/de/2024/07/viel-regen-in-kurzer-zeit.html>
- Oertli, B. (2018). *Freshwater biodiversity conservation: The role of artificial ponds in the 21st century*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28(2), 264–269. <https://doi.org/10.1002/aqc.2902>
- Pestoni, A., Marti, A. & Keiser, A. (2023). Datengrundlage und künftige Datenerfassung zur landwirtschaftlichen Bewässerung in der Schweiz – Projekt „Swiss Irrigation Info“: Schlussbericht Modul 1. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Berner Fachhochschule. https://www.bfh.ch/dam/jcr%3A55530f2c-4d9c-4ce4-84b2-e9f558b9e8cd/final_Schlussbericht%20Modul%201%20190423.pdf
- Raumberg-Gumpenstein & SUPER-G Consortium. (2024). Factsheet Bewässerung Grünland (Irrigatie_DE). https://www.super-g.eu/wp-content/uploads/2024/01/15_Super-G_Factsheet_Irrigatie_DE.pdf
- Ressourcenprojekt Slow Water – Projektteam. (2023, 4. November). *Projektgesuch Ressourcenprojekt Slow Water* (Unveröffentlicht).
- Riedi, U. (2024, 13. Februar). Interview/Planung Retentionsweiher Val Lumnezia (Vorstudie/Dimensionierung). (Unveröffentlichtes Interview).
- Robotham, J., Old, G., Rameshwaran, P., Sear, D., Gasca-Tucker, D., Bishop, J., Old, J., & McKnight, D. (2021). *Sediment and nutrient retention in ponds on an agricultural stream: Evaluating effectiveness for diffuse pollution mitigation*. *Water*, 13(12), 1640. <https://doi.org/10.3390/w13121640>
- Rosset, V., Angélibert, S., Arthaud, F., Bornette, G., Robin, J., Wezel, A., Vallod, D., & Oertli, B. (2014). Is eutrophication really a major impairment for small waterbody biodiversity? *Journal of Applied Ecology*, 51(2). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12201>
- Tobias, S., Siegrist, E., Bütikofer, L., Bürgi, M., Liechti, K., Reynard, E., Guisan, A., Urbach, D., & Randin, C. (2023). *+4 °C und mehr: Schweizer Landschaften im Klimawandel* (WSL Berichte 139). Birmensdorf: WSL. <https://doi.org/10.55419/wsl:35308>
- Zorn, A., & Lips, M. (2016, 7. Oktober). *Wirtschaftlichkeit der Bewässerung ausgewählter Kulturen im Kanton Basel-Landschaft* (Agroscope-Bericht, 34 S.). Zürich: Agroscope. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Publikation/Index/59330>