

Wasser im Engadin

Nutzung, Ökologie, Konflikte



Studie im Auftrag des **WWF Schweiz** Zürich

Klaus Lanz International Water Affairs, Evilard

Januar 2016

Inhalt

1 Wasser im Engadin Kurzfassung mit Empfehlungen	01
1.1 Naturraum Engadin	01
1.2 Wasserkraftnutzung im Engadin	01
1.2.1 Grundlagen und Besonderheiten	01
1.2.2 Anstehende Aufgaben Wasserkraft	02
1.2.3 Empfehlungen Wasserkraft	03
1.3 Landwirtschaft und Wasser im Engadin	04
1.3.1 Grundlagen und Besonderheiten	04
1.3.2 Anstehende Aufgaben Landwirtschaft	04
1.3.3 Empfehlungen Landwirtschaft	05
1.4 Trinkwasserversorgung im Engadin	06
1.4.1 Grundlagen und Besonderheiten	06
1.4.2 Anstehende Aufgaben Trinkwasserqualität	07
1.4.3 Empfehlungen Trinkwasserqualität	07
1.4.4 Anstehende Aufgaben Optimierung der Bewirtschaftung	07
1.4.5 Empfehlungen Optimierung der Bewirtschaftung	08
1.4.6 Anstehende Aufgaben Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen	08
1.4.7 Empfehlungen Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen	09
1.5 Beschneigung im Engadin	10
1.5.1 Grundlagen und Besonderheiten	10
1.5.2 Anstehende Aufgaben Beschneigung	10
1.5.3 Empfehlungen Beschneigung	11
1.6 Hochwasserschutz im Engadin	12
1.6.1 Grundlagen und Besonderheiten	12
1.6.2 Anstehende Aufgaben Hochwasserschutz	12
1.6.3 Empfehlungen Hochwasserschutz	12
2 Wasser im Naturraum Engadin	14
3 Klimawandel im Engadin	17
3.1 Jahresabflussmessungen	18
3.2 Verdunstung und Bodenwasserspeicher	19
3.3 Der saisonale Abfluss	19
3.4 Diversität der Engadiner Einzugsgebiete	21
4 Gesellschaftliche Ansprüche an Wasser	22
4.1 Zielsetzung der Studie	22
4.2 Methodik Wassernutzungen umfassend abbilden	22
4.3 Die Vorgehensweise	23

5 Wassernutzung im Engadin	24
5.1 Mengenbewirtschaftung	24
5.1.1 Mengenbewirtschaftung durch Speicherkraftwerke	24
5.1.2 Mengenbewirtschaftung durch die Bewässerung	29
5.1.3 Mengenbewirtschaftung durch die Trinkwasserversorgung	32
5.1.4 Mengenbewirtschaftung durch die Beschneidung	38
5.1.5 Mengenbewirtschaftung durch den Strassen- und Tunnelbau	43
5.1.6 Mengenansprüche des Gewässerschutzes	44
5.1.7 Aussergewöhnliche Trockenheit Ein Exkurs	46
5.1.8 Fazit Mengenbewirtschaftung im Engadin	47
5.2 Stoffeinträge und Wasserqualität	52
5.2.1 Anforderungen an die Qualität der Gewässer	52
5.2.2 Stoffeinträge aus Siedlungen	53
5.2.3 Stoffeinträge aus der Landwirtschaft	56
5.2.4 Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe	57
5.2.5 Stoffeinträge durch den Tourismus	58
5.2.6 Thermische Nutzung von Gewässern	59
5.2.7 Stoffeinträge durch Altlasten	61
5.2.8 Stoffeinträge durch den Verkehr	63
5.2.9 Fazit Stoff- und Wärmeeinträge in Engadiner Gewässer	63
5.3 Eingriffe in die Hydromorphologie	68
5.3.1 Hydromorphologische Einflüsse der Wasserkraftnutzung	68
5.3.2 Hydromorphologische Einflüsse des Hochwasserschutzes	70
5.3.3 Hydromorphologische Einflüsse der Landwirtschaft	72
5.3.4 Hydromorphologische Einflüsse der Trinkwasserversorgung	73
5.3.5 Hydromorphologie im Gewässerschutz	73
5.3.6 Fazit Eingriffe in die Hydromorphologie des Engadins	75
5.4 Flächenkonflikte um Wassernutzungen	78
5.4.1 Flächenbedarf der Trinkwasserversorgung	78
5.4.2 Flächenwirkung von Siedlungen und Verkehrswegen	79
5.4.3 Flächenanspruch des Gewässerschutzes	80
5.4.4 Fazit Wasserwirksame Flächennutzungen im Engadin	83
6 Literatur	85
7 Bildquellen	93

Impressum

Auftraggeber **WWF Schweiz** Zürich

Autor **Klaus Lanz** International Water Affairs, Evilard

Titelfoto **Photoshopping GmbH** Dieter Enz

GIS-Bearbeitung und Gemeindeumfrage **Angelika Abderhalden** Fundaziun Pro Terra Engiadina, Zernez

Klimaszenarien **Massimiliano Zappa** und **Luzi Bernhard**
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
Birmensdorf

Visuelle Gestaltung und Layout **Susanne Dubs** Designerin FH, Magglingen

Druck **Gammeter Druck und Verlag AG** St. Moritz

Empfohlene Zitierweise **Klaus Lanz** 2016: **Wasser im Engadin** – Nutzung, Ökologie, Konflikte
Studie im Auftrag des WWF Schweiz, Evilard

Wasser im Engadin

Nutzung, Ökologie, Konflikte

Studie im Auftrag des **WWF Schweiz** Zürich

Klaus Lanz International Water Affairs, Evilard

Januar 2016



Ein Bericht über die Wasserressourcen des Engadins
ist eigentlich ein Bericht über Schnee.
Rund zwei Drittel alles im Inn abfließenden Wassers
fallen als Schneeflocken vom Himmel.

Gegenstand dieser Studie

Diese Studie beschreibt die Nutzung von Wasser und Gewässern im Engadin systematisch nach Nutzungsarten und unterscheidet dabei zwischen a) Mengenaspekten, b) Stoff- und Wärmeeinträgen, c) hydromorphologischen Eingriffen und d) Flächenaspekten. In der folgenden zusammenfassenden Übersicht werden all diese Aspekte nach Nutzungsarten (Wasserkraft, Landwirtschaft, Trinkwasserversorgung etc.) gebündelt. So entsteht ein Überblick über die einzelnen Nutzungen und deren Einflüsse auf die Gewässer sowie auf andere Nutzungen. Die wesentlichen Herausforderungen werden identifiziert und Handlungsoptionen für das Engadin formuliert. Die Grundlagen für die Angaben und Empfehlungen in dieser Kurzfassung werden in den nachfolgenden Kapiteln 2 bis 5 ausführlich dargelegt und referenziert.

1.1 Naturraum Engadin

Das Engadin ist ein inneralpines Trockental und erhält trotz seiner Höhenlage mit durchschnittlich 1 138 mm/a wesentlich weniger Niederschlag als der Rest des schweizerischen Alpenraums. Das Unterengadin ist von regenreichen Wolken besonders stark abgeschirmt und daher nochmals niederschlagsärmer. Die Berge an der rechten Flanke des Unterengadins zum Beispiel erhalten mit 800-900 mm/a nur halb so viel Niederschlag wie die Corvatschregion.

Für die Evapotranspiration ist die Vegetationsdichte ausschlaggebend. Die höchsten Werte mit bis zu 400 mm/a werden im Talgrund beobachtet. Dort verdunstet im Sommer deutlich mehr als vom Regen geliefert wird, so dass die Böden stark austrocknen können. Mit zunehmender Höhe nehmen die Pflanzenbedeckung und damit die Evapotranspiration rasch ab. In diesen Bereichen verdunsten noch rund 200 mm/a. Für den Gesamtabfluss des Inneinzugsgebiets folgt daraus, dass niedrig gelegene Einzugsgebiete viel weniger Wasser beitragen als höher gelegene. In den Sommermonaten geht der Abfluss im Talgrund deutlich zurück, der Inn speist sich dann überwiegend aus den hoch gelegenen Einzugsgebieten.

Prägend für den Wasserhaushalt des Engadins ist die Rolle des Schnees. Die Jahresabflüsse speisen sich zu 50 bis über 80% aus Schnee (z.B. Val Sinestra 80%). Steigt mit dem Klimawandel die Schneefallgrenze, so geht in den Wintermonaten mehr Niederschlag als Regen nieder und fliesst direkt ab. Dieser Niederschlagsanteil fehlt bei der Schneeschmelze und vermindert die sommerlichen Abflüsse. Gletscherschmelzwasser trägt heute nur am Corvatsch, an der Bernina, am Piz Grialetsch und am Piz Buin mehr als 10% zum Gesamtabfluss bei, dieser Anteil wird weiter zurückgehen.

Für die Nutzer dürfte in erster Linie die verminderte Wasserführung der Bäche und Quellen in den Sommer- und Herbstmonaten eine Herausforderung darstellen. Der erwartete Abflussrückgang in Juli, August und September ist alleine eine Folge der Temperaturerhöhung, d.h. er tritt auch dann ein, wenn der Jahresniederschlag durch den Klimawandel nicht beeinflusst wird. Grund dafür ist die oben erwähnte prägende Rolle der Schneedecke im Wasserhaushalt des Engadins. Die Auswirkungen der erwarteten Temperaturerhöhung haben also nicht nur für den Tourismus Konsequenzen (weniger Schnee, mehr Beschneigung), sondern auch für andere von Wasser abhängige Aktivitäten (vor allem Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft).

1.2 Wasserkraftnutzung im Engadin

1.2.1 Grundlagen und Besonderheiten

Das Engadin ist eine Hochburg der Wasserkraft. Später erschlossen als die Wasserkräfte des Wallis und des Berner Oberlands, werden der Inn und seine Nebenflüsse erst seit der Mitte des 20. Jahrhunderts intensiv genutzt. 1 460 GWh, 4% der schweizerischen Wasserkraftproduktion, stammten 2014 aus dem Engadin. Mit 1 020 GWh ist die Zentrale Pradella das zweitgrösste Kraftwerk der Schweiz, sie allein liefert 70% der Engadiner Wasserkraft.

Die Wasserkraft ist im Engadin – wie in der ganzen Schweiz – mit weitem Abstand die mengenmässig grösste Wassernutzung. 2 500 Mio. m³ Wasser aus dem Inn und seinen Zuflüssen werden im Engadin turbinert (BFE 2014). Weitere 88 Mio. m³ werden gemäss internationalem Abkommen von 1957 aus dem Spöl-Einzugsgebiet durch einen Stollen vom Lago di Livigno zum Lago di San Giacomo Richtung Italien umgeleitet und dort turbinert (Eidgenossenschaft 1957). Gesamthaft werden also rund 2 590 Mio. m³ Wasser aus dem Inneinzugsgebiet jährlich für die Stromgewinnung genutzt, wegen der Mehrfachnutzung in Kaskaden ist dies gut das Eineinhalbfache des mittleren jährlichen Innabflusses bei Martina (1 670 Mio. m³).

Zu den grossen Zentralen aus den 1960er Jahren sind in jüngster Zeit zahlreiche Kleinkraftwerke hinzugekommen. Einerseits sind dies Trinkwasserkraftwerke, die das Gefälle im öffentlichen Leitungsnetz ausnutzen, andererseits Ausleitkraftwerke an den Nebenflüssen des Inns (Susasca 2011, Lavinuo 2014, Tasnan 2014). Letztere sind wegen ihrer geringen und saisonal ungünstigen Stromausbeute von sich aus unrentabel und konnten nur aufgrund substanzieller Subventionen (KEV) verwirklicht werden. Unter den grösseren Seitenbächen verbleibt Ende 2015 nur noch eine kleine Zahl, die nicht energetisch genutzt wird (u.a. Beverin, Chamuera, Ova da Punt Ota, Sarsura, Plavna, Brancla, Uina).

Trotz der bereits intensiven Nutzung gibt es weitere Ausbaupläne. Die Verwirklichung des Pumpspeicherkraftwerks Lago Bianco im Puschlav – die das Engadin nur am Rande betrifft – ist wegen niedriger Strompreise auf Eis gelegt. Dagegen bleibt der Bau von Kleinwasserkraftwerken an weiteren Nebenbächen des Inns einstweilen attraktiv für die Gemeinden. Ein Kleinwasserkraftwerk der Gemeinde Zernez an der Sarsura befindet sich Ende 2015 im Bewilligungsprozess, Projektpläne gibt es für Ova da Punt Ota (Zernez) und Brancla zwischen Sent und Ramosch. Zudem gibt es Überlegungen der EKW zum Bau eines Parallelstollens von Pradella (Scuol) nach Martina, was eine Verdoppelung der Produktionskapazität von hochpreisigem Winterstrom ermöglichen würde.

1.2.2 Anstehende Aufgaben Wasserkraft

Die intensive Nutzung der Wasserkräfte bleibt nicht ohne Folgen für die Gewässer des Engadins. Neben Störungen der freien Fischwanderung und des Geschiebehaushalts infolge von Staudämmen und Wehren geben vor allem übermässig hohe Wasserentnahmen Anlass zur Besorgnis. Einige Bäche im Engadin erhalten zeitweise viel zu wenig oder überhaupt kein Restwasser. Die überwiegend Jahrzehnte alten Entnahmekonzessionen spiegeln das ökologische Wissen und Bewusstsein zum Zeitpunkt ihrer Bewilligung. Die damals verfügbaren Restwassermengen sind weit geringer als nach heutigen Standards, bleiben aber bis zum Ablauf der Konzession rechtskräftig. Die Kraftwerksbetreiber können allerdings nach neuer Gewässerschutzverordnung (GSchV) schon vor Ablauf der Konzession in gewissem Ausmass zu höheren Restwassermengen verpflichtet werden.

Mitunter gelingt es auch, vor Ablauf der Konzession Einvernehmen über eine Erhöhung von Restwassermengen zu erzielen. So konnten für die Vallember und die Clemgia, denen die Engadiner Kraftwerke (EKW) bis Herbst 2015 den gesamten Abfluss entnahmen, neu bedeutende Restwassermengen und damit ganzjährig eine durchgängige Wasserführung gesichert werden. Rechtlich besteht keine Pflicht für eine solche Sanierung durch die Betreiber. Eine Anpassung an die aktuell gültigen Normen kann erst bei der Erneuerung der entsprechenden Konzession verfügt werden.

Die Überprüfung und Neuverfügung der Restwassermengen bei laufenden Konzessionen durch die Kantone hätte mit 20jähriger Frist bis Ende 2012 abgeschlossen sein sollen. Dieser Vorgang ist bis heute nicht vollständig abgeschlossen, da es erhebliche Uneinigkeit darüber gibt, welche Produktionseinbussen den Betreibern zuzumuten sind. Entschliessen sich die Kantone, den durch die GSchV gesetzten rechtlichen Spielraum auszuschöpfen, könnten in den genutzten Fliessgewässern auch vor Ablauf der Konzession wenigstens minimale ökologische Voraussetzungen gesichert werden.

Die stark fluktuierende Verstromung von in Speicherseen bevorratetem Wasser hat für die Gewässer eine weitere schädliche Folge: den Schwall-Sunk-Effekt. Schwankt die turbinierte Wassermenge – im Einklang mit dem Bedarf der Stromabnehmer – stark, so leidet das aufnehmende Gewässer unter dem abrupten Auf und Ab des Abflusses. In betroffenen Gewässerabschnitten kann der Wasserspiegel innerhalb weniger Minuten um Meter steigen und fallen, verbunden mit entsprechend extremen Strömungsschwankungen.

Mildern lässt sich die Intensität und Schädlichkeit von Schwall-Sunk-Effekten entweder durch eine behutsamere, gewässerschonende Abflusssteuerung oder durch den Bau von Ausgleichsbecken. Beide Massnahmen kommen im Engadin zum Einsatz. Unterhalb des St. Moritzersees wird seit kurzem ein optimiertes Abflussregime praktiziert, während an der Landesgrenze bei Martina im Rahmen des Gemeinschaftskraftwerks Inn (GKI) derzeit das Stau- und Ausgleichsbecken Ovella entsteht, das die wasserkraftbedingten Abflussschwankungen im Inn dämpfen und vergleichmässigen soll. Für das

Engadin sollten sich durch diese Massnahmen die Schwall-Sunk-Effekte deutlich vermindern. Es sei aber darauf hingewiesen, dass durch den Stollen des neuen Wasserkraftwerks GKI neue Schwall-Sunk-Effekte unterhalb von Prutz in Tirol verursacht werden.

Insgesamt existieren derzeit im Engadin 21 Stau- und Regulierwehre von Wasserkraftanlagen, die die Fischwanderung beeinträchtigen können, drei davon am Inn selber (S-chanf, Pradella, Ovella). Vierzehn davon weisen einen im Hinblick auf den Auf- und Abstieg von Fischen unbefriedigenden Zustand auf und müssen gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG) bis 2031 saniert werden. Die Geschiebedynamik wird durch die Wasserkraft ebenfalls stark beeinflusst, auch in diesem Bereich besteht – wie die jüngste Bestandesaufnahme des Kantons zeigt – Handlungsbedarf.

Der Klimawandel könnte die Wasserkraftgewinnung auf lange Sicht auch im Engadin verändern. Kommt es wie erwartet zu einer Verschiebung der Abflüsse vom Sommer in den Winter (höhere Schneegrenze, geringere und frühere Schneeschmelze), so könnte sich die Ertragslage der Kraftwerksbetreiber leicht verbessern (höhere Stromausbeute in den nachfragestarken Wintermonaten). Längere sommerliche Trockenheiten würden dagegen empfindliche Einbussen verursachen.

Betrachtet man die Wasserkraftnutzung im Engadin als Ganzes, so erscheint der jüngst erfolgte Ausbau an den Seitenbächen Susasca, Lavinuoz und Tasnan wenig schlüssig. Die neuen Kleinkraftwerke erhöhen die Stromausbeute nur minim, wirtschaftlich sind sie allein aufgrund von staatlichen Subventionen. Aus landschaftsästhetischer und gewässerökologischer Sicht werden geringe Stromgewinne mit einer deutlichen Verschlechterung erkaufte. Zudem soll gemäss der Planung der Bergbahnen Motta Naluns ein erheblicher Teil des am Tasnan für die Stromgewinnung gefassten Wassers zur Beschneidung von Skipisten in Scuol dienen. Angesichts des geringen Nutzens und der unerwünschten Folgen sollten die wenigen heute noch verbleibenden ungenutzten Wildbäche im Engadin in ihrer Natürlichkeit bewahrt werden. Auf lange Sicht überwiegt der Naturwert eines Wildbachs die (ungewissen) Einkünfte aus dem Stromverkauf deutlich.

1.2.3 Empfehlungen Wasserkraft

- Rascher Abschluss der Neuverfügung von Restwassermengen bei bestehenden Konzessionen durch den Kanton
 - Ausnehmen der noch ungenutzten Innzuflüsse von einem Ausbau der Wasserkraft
 - Sanierung der Wehranlagen in Bezug auf die Durchgängigkeit für Fische und den Geschiebehalt
-

1.3.1 Grundlagen und Besonderheiten

Die Landwirtschaft greift in dreierlei Weise in den Wasserhaushalt ein: durch Wasserentnahmen für die Bewässerung, durch Einträge von Düngemitteln und Pestiziden und durch hydromorphologische Veränderungen zur Entwässerung feuchter Flächen (Drainagen). Im Engadin spielen Stoffeinträge eine untergeordnete Rolle (lokal gefährden allerdings Beweidung und die Ausbringung von Gülle die Qualität von Trinkwasserquellen). Drainagen sind im Talboden des Inns weit verbreitet und tragen zum parkartig entsumpften Charakter der Landschaft bei. Die Drainagesysteme haben die Bewirtschaftung flussnaher Flächen erst möglich gemacht, andererseits zum Verlust ökologisch wertvoller Feuchtbiotope beigetragen.

Die für den Wasserhaushalt bedeutsamste Einwirkung der Landwirtschaft ist indessen die Bewässerung, die im Engadin fast ausschliesslich auf Wiesland angewandt wird. Informationen über die für die Bewässerung eingesetzten Wassermengen und deren Herkunft sind nicht nur im Engadin spärlich. Wo in jüngerer Zeit im Rahmen von Meliorationen neue Bewässerungssysteme eingerichtet wurden, ist zwar die Fläche der bewässerten Wiesen bekannt. Die dafür eingesetzten Wassermengen – das zeigt auch die im Rahmen dieser Studie bei den Gemeinden durchgeführte Umfrage – sind dagegen nicht bekannt.

Das Wasser für die Bewässerung wird meist lokalen Bergbächen entnommen, seltener Quellen oder der Trinkwasserversorgung. Für Bachwasserentnahmen ist stets eine kantonale Bewilligung erforderlich. Die Kantone verfügen in der Regel nicht Entnahmemengen, sondern die erforderlichen Restwassermengen, die im betroffenen Gewässer verbleiben müssen. So darf etwa die Bewässerungsgenossenschaft Scuol der Clozza kein Wasser mehr entnehmen, sobald deren Abfluss unter 60 l/s fällt.

Im Hitzesommer 2003 war der Futterertrag der Wiesen im Engadin deutlich vermindert. Dies dürfte für viele Landwirte der Anstoss gewesen sein, sich für den Neu- und Ausbau der Bewässerung einzusetzen. Die Gemeinde Sent ergänzte ihre Gesamtmelioration in der Folge um eine Bewässerungsanlage, und auch in anderen Gemeinden wurden und werden seither neue Bewässerungssysteme gebaut (Ftan, Valsot). In der Regel werden die bewässerten Flächen dabei auch erweitert. Daher ist davon auszugehen, dass die im Engadin für die Bewässerung genutzte Wassermenge in den vergangenen zehn Jahren deutlich zugenommen hat.

1.3.2 Anstehende Aufgaben Landwirtschaft

Zweck der Bewässerung von Wiesen ist die Sicherung der Futtererträge bei geringem Niederschlag. Eine Steigerung der Erträge über das natürliche Mass hinaus ist nicht gestattet. Mehrjährige vegetationsökologische Untersuchungen im Unterengadin belegen aber, dass mit der Bewässerung eine Intensivierung der Bewirtschaftung einhergegangen ist, d.h. es wird bewässert, um den Ertrag an Futtergras zu steigern. Dies betrifft vor allem tief gelegene, wenig steile und siedlungsnaher Lagen, an denen eine frühere Mahd und häufigere Schnitte möglich geworden sind. Diese Praxis widerspricht der agrarökonomischen Zielsetzung der Bewässerung, die nur der Ertragsicherung, nicht der Ertragssteigerung dienen soll (siehe Kapitel 5.1.2).

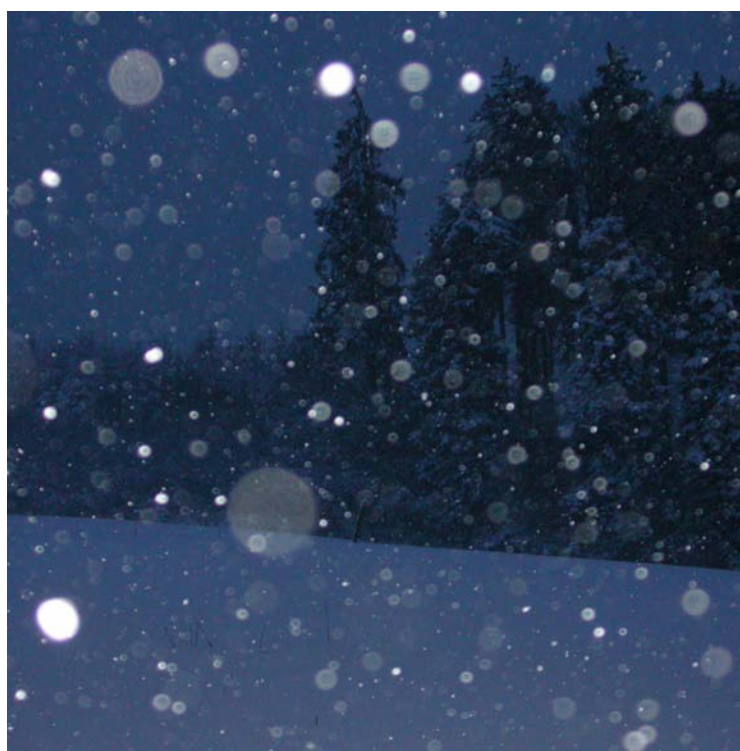
Die Zunahme der Bewässerungshäufigkeit und die Ausweitung auf grössere Flächen gehen mit einer gesteigerten Nachfrage nach Wasser einher. Diese Entwicklung akzentuiert die Mengenkonzurrenz zwischen der Landwirtschaft und der Gewässerökologie der betroffenen Bergbäche. Bisher ist die Konkurrenz in normalen Jahren noch wenig spürbar, da der grösste Teil des Bewässerungswassers den Bächen bei hohem Abfluss während der Schneeschmelze entnommen wird. Nur in heissen oder besonders trockenen Jahren wie im Sommer 2003 kommt es zu Engpässen.

Durch den Klimawandel könnte sich der Konflikt zwischen Wiesenbewässerung und Bachökologie verschärfen. Erwartet wird eine markante Verminderung der sommerlichen Abflüsse in den Bächen und Flüssen des Engadins im Laufe dieses Jahrhunderts. Je nach Seitental könnten sich die Bachabflüsse im langjährigen Durchschnitt um ein Viertel bis um die Hälfte reduzieren, so dass im Juli, August und September, im Unterengadin auch schon im Juni, wesentlich weniger Wasser für die Wiesenbewässerung zur Verfügung stehen könnte. Gleichzeitig ist absehbar, dass infolge höherer Temperaturen und stärkerer Verdunstung die Bodenfeuchte im Sommer stark zurückgehen, die Wassernachfrage der Landwirte deutlich zunehmen wird. Dieser sich öffnenden Schere von steigender Nachfrage und abnehmender Verfügbarkeit sollte frühzeitig entgegen gewirkt werden (siehe Empfehlungen).

Bei längerer Trockenheit steigt naturgemäss die Nachfrage nach Bewässerungswasser. Bleibt der Regen aus – regenlose Perioden von 30 Tagen und mehr sind für das Unterengadin nicht untypisch – führen auch die Bäche deutlich weniger Wasser. Können die Landwirte einen höheren Bewässerungsbedarf nachweisen – und das dürfte bei Trockenheit unschwer möglich sein – darf in solchen Situationen der Hauptfischereiaufseher eine höhere Bachwasserentnahme bewilligen als zu Normalzeiten und das Unterschreiten der kantonal verfügbaren Mindestrestwassermenge gestatten. Diese Ausnahme, die für alle Bewässerungsentnahmen gilt, ist aus gewässerökologischer Sicht problematisch, da bei Trockenheit die Bäche ohnehin unter niedriger Wasserführung und Erwärmung leiden.

1.3.3 Empfehlungen Landwirtschaft

- Wissen über eingesetzte Wassermengen verbessern, um Abgleich mit dem verfügbaren Dargebot zu ermöglichen
 - Umstellung der Bewässerung auf ertragssichernde Praktiken (nicht ertragssteigernd)
 - Konzentration der Bewässerung dort, wo der Bedarf zur Ertragssicherung nachgewiesen ist
 - Ggf. sparsamere (druckarme, verdunstungsvermeidende) Wasserausbringung
 - Ergänzende Nutzung alternativer Wasserressourcen
 - a) Regen- und Schmelzwassersammlung (Speicherteiche, Zisternen)
 - b) in Kraftwerksstauseen gespeichertes Wasser
 - Präzisierung von Ausnahmeregelungen bei Trockenheit (Verminderung von Notwasserentnahmen zum Schutz der Bäche).
-



Weniger Schnee durch den Klimawandel
– die Klimamodelle legen nahe, dass im Winter zukünftig wesentlich weniger Niederschlag in der Schneedecke gespeichert wird. Auch wird infolge höherer Temperaturen die Schneeschmelze um mehrere Wochen früher eintreten. Im Juni, wenn die Landwirte ihre Wiesen aus den Bächen bewässern wollen, könnten diese deutlich weniger Wasser führen als heute.

1.4.1 Grundlagen und Besonderheiten

Wie in den meisten alpinen Regionen der Schweiz beruht die Wasserversorgung im Engadin traditionell auf hochgelegenen Quellen. Diese befinden sich in grosser Zahl an den Hängen des Inntals und seiner Seitentäler. Mit der Zunahme der Touristenzahlen reichte Quellwasser allein vor allem während der winterlichen Hochsaison in vielen grösseren Gemeinden nicht mehr aus. Hinzu kamen Entnahmen aus dem Trinkwassernetz für die künstliche Beschneigung. Wo diese besonderen Verbrauchsfaktoren wirksam sind, haben die Gemeinden in den letzten 20 bis 30 Jahren Grundwasservorräte erschlossen (Sils, St. Moritz, Celerina, Samedan, Bever, Zuoz, Samnaun). Auch Zernez und Scuol verfügen über Grundwasserpumpwerke, die aber nur sporadisch genutzt werden.

Dennoch bleiben hochgelegene Quellen die wichtigste Ressource der Trinkwasserversorgung. In einer Vielzahl von Gemeinden des Unterengadins steht mangels Grundwasser kein anderes Trinkwasser zur Verfügung. Bachwasser kommt aus Qualitätsgründen als Trinkwasser nirgends zum Einsatz, es bleibt der Nutzung für Wasserkraft, Bewässerung und Beschneigung vorbehalten.

Das öffentliche Trinkwassernetz versorgt nicht nur Privathaushalte mit Wasser, sondern auch Hotels, Ferienwohnungen und Restaurationsbetriebe sowie Gewerbe und Industrie. Hinzu kommen saisonale Verbraucher wie Schnee- und Eisbereitung (Pisten, Loipen, Eisbahnen, Bobbahn) und im Sommer die Bewässerung von Gärten und Wiesen. Die Zuordnung einzelner Verbraucher und Nutzungsarten ist, wie eine Umfrage bei den Gemeinden zeigte, nur ansatzweise möglich. Dabei ist die Qualität und Aussagekraft der Verbrauchsdaten von Gemeinde zu Gemeinde sehr unterschiedlich. Eine systematische Messung des Wasserverbrauchs pro Nutzer findet im Engadin nicht statt, das Wassergeld erheben die Gemeinden überwiegend pauschal und verbrauchsunabhängig.

Detaillierte Verbrauchszahlen kann die Gemeinde Celerina angeben. Sie machen deutlich, in welcher Grössenordnung die verschiedenen Nutzungen Trinkwasser aus dem öffentlichen Leitungsnetz verwenden. Über das Gesamtjahr verbrauchen die 22 Hotels am Ort etwa gleich viel Wasser (198 000 m³/a) wie der Rest der Liegenschaften (196 000 m³/a). Da unter den Liegenschaften auch zahlreiche Ferienwohnungen sind, ist eine exakte Abgrenzung zwischen ständiger Wohnbevölkerung und Feriengästen nicht möglich. Hinzu kommen in Celerina 72 000 m³/a für acht Kleingewerbebetriebe, 3 100 m³/a für acht Laufbrunnen und 20 000 m³/a für die Abwasserreinigungsanlage.

Diese Zahlen verdeutlichen unter anderem, dass der Trinkwasserverbrauch von Hotels und Ferienwohnungen während der wenigen Hochsaisonwochen ein Vielfaches des Durchschnittsverbrauch über das Jahr ausmacht. Diese enormen Tagesverbräuche können aus Quellwasser allein nicht bereitgestellt werden, sondern nur durch Speicherung oder den Rückgriff auf ergiebige Grundwasservorräte.

Allerdings stehen nicht überall Grundwasservorkommen zur Verfügung, besonders im Unterengadin müssen die meisten Gemeinden alleine mit Quellwasser wirtschaften. Und auch wo Grundwasser vorhanden sind, bleiben Quellen unverzichtbar als Trinkwasser. Man würde daher erwarten, dass die Gemeinden über die Verlässlichkeit ihrer Quellen – deren Wasserqualität und saisonale Ergiebigkeit – genauestens informiert sind. Die Auswertung von Daten, die das ANU zur Wasserversorgung erhoben hat sowie die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Umfrage zeigen aber, dass detailliertes Wissen über die genutzten Quellen in der Regel fehlt. Besonders der jährliche Verlauf der Schüttungsmengen – Quellen folgen ausgeprägten jahreszeitlichen Schwankungen – wird offenbar nicht systematisch aufgezeichnet.

Das Wissen um die Schwankungen der Quellergiebigkeit ist nicht nur wichtig, um die verfügbaren Mengen abschätzen zu können, es ist auch ein Indiz für die mikrobiologische Qualität des Quellwassers. Je stärker eine Quellschüttung im Jahresverlauf zu- und abnimmt, desto direkter ist sie von Niederschlägen beeinflusst und damit auch durch Verschmutzungen der umliegenden Flächen gefährdet.

Hochgelegene Quellen sind in der Regel weit weniger durch menschliche Aktivitäten beeinflusst als das Grundwasser unter dem besiedelten und vielfältig genutzten Talgrund. Ihr Wasser ist wohlschmeckend und frisch und gelangt ohne Pumpen in freiem Gefälle in die Dörfer. Sie sind ein wertvolles Gut und erfordern höchste Sorgfalt, genaue Beobachtung und vorausschauenden Schutz.

Drei Herausforderungen sehen sich die Gemeinden des Engadins bei der Trinkwasserversorgung gegenüber:

- a) Sicherung der Trinkwasserqualität
- b) Optimierung der Bewirtschaftung
- c) Vermeidung unnötiger Konkurrenzen durch andere Nutzungen

1.4.2 **Anstehende Aufgaben** Trinkwasserqualität

Hochgelegene Quellen, wie sie im Engadin überwiegend für die Trinkwasserversorgung gefasst wurden, sind wegen ihrer siedlungsfernen Lage generell gut vor Verschmutzungen geschützt. Um oberflächliche Stoffeinträge zu vermeiden, müssen Trinkwasserquellen aber baulich gut ausgeführt sein. Die verfügbaren Daten zu Quellschüttungen zeigen für viele Quellen hohe saisonale Schwankungen. Dies weist darauf hin, dass sie von Oberflächenwasser beeinflusst sind. In jedem Fall sollte die unmittelbare Quellumgebung vorsorglich von Weidetieren, Wanderwegen und anderen potenziellen Schadstoffverursachern freigehalten werden. Einzelne Gemeinden berichten in der Umfrage zu dieser Studie, dass der notwendige Quellschutz nicht überall gewährleistet ist.

Beim Grundwasser im Talgrund ist der Schutzaufwand aufgrund vielfältiger Landnutzungen naturgemäss grösser. Hier sind ausreichend grosse Schutzzonen um die Trinkwasserfassungen herum nötig, in denen keine wassergefährdenden Aktivitäten stattfinden. Wegen vielfältiger konkurrierender Flächenansprüche ist diese Anforderung nicht immer leicht zu erfüllen. Vielfach sind die Siedlungen bis unmittelbar an die Schutzzone herangerückt. In Samedan befindet sich die Grundwasserschutzzone gar inmitten eines Golfplatzes, wo Pestizide und Düngemittel zum Einsatz kommen. Dies zeigt, dass die hier vorhandenen Grundwasserressourcen nicht im gewünschten Mass geschützt werden können.

1.4.3 **Empfehlungen** Trinkwasserqualität

- Quelfassungen auf baulichen Zustand überprüfen und ggf. optimieren
- Kontinuierliche Messung von Abfluss und Temperatur der Quellen, um Einflüsse von Oberflächenwasser und Zuverlässigkeit zu ermitteln
- Problematik von quellnahen Aktivitäten öffentlich vermitteln und potenzielle Schadstoffeinträge vermeiden
- Bei Grundwasservorkommen Schutzzonen von Bebauung, Stoffeinträgen und sonstigen wassergefährdenden Aktivitäten freihalten, auch bei Ressourcen, die als Reserve für eine spätere Nutzung vorgehalten werden

1.4.4 **Anstehende Aufgaben** Optimierung der Bewirtschaftung

In Bezug auf die verfügbare Trinkwassermenge befinden sich die Engadiner Gemeinden in sehr unterschiedlicher Lage. Wo Grundwasservorkommen genutzt werden können, lassen sich saisonale Verbrauchsspitzen leichter abdecken und in einigen Gemeinden kann sogar Beschneiwasser bereitgestellt werden. Mitunter treten aber auch Engpässe durch die Nachfrage nach Beschneiwasser auf (Pontresina, Scuol). Es sei darauf hingewiesen, dass Trinkwassernetze generell nicht für Fremdnutzungen wie Beschneiwasser und Bewässerung ausgelegt sind. Diese sollten in der Regel mit einer separaten Infrastruktur betrieben werden.

Gemeinden, die nicht über Grundwasservorkommen verfügen und allein auf Quellen angewiesen sind, müssen vor allem in den abflussarmen Monaten im Winter und Spätsommer haushälterisch mit dem Wasser umgehen. Einige Gemeinden vor allem im Unterengadin sind von nur wenigen Quelfassungen abhängig, und schon eine Verschmutzung einer davon kann Engpässe verursachen. Ein zweites unabhängiges Standbein der Trinkwasserversorgung, wie es vom BAFU angeregt wird, besteht in der Regel nicht, könnte aber in vielen Fällen durch Notverbindungen zu Nachbargemeinden geschaffen werden. Dies ist besonders Gemeinden zu empfehlen, die ihre Quellen bereits heute vollständig ausnutzen, wenn auch nur zeitweise.

Durch den Klimawandel könnte die Schüttung der Quellen zusätzlich beeinträchtigt werden. Eine saisonale Vorverschiebung der Schneeschmelze um einige Wochen würde die Verfügbarkeit von Quellwasser vor allem in den Monaten Juli, August und September spürbar verringern. In seiner aktuellen Klimastrategie hält der Kanton „Massnahmen zugunsten der Versorgungssicherheit und damit zum sparsamen und geregelten Umgang mit dem Wasser“ für erforderlich (ANU 2015e).

Messungen des Trinkwasserverbrauchs aus dem öffentlichen Netz finden im Engadin heute nur punktuell statt. Derzeit werden die Kosten der Wasserversorgung nicht über die verbrauchte Wassermenge, sondern überwiegend pauschal auf Basis von Wohnungsfläche und Nutzungsart (Wohnen, Gewerbe) abgerechnet. Dies hat zwei unerwünschte Folgen. Zum einen besteht mangels Mengenabrechnung keinerlei Anreiz für eine effiziente Wasserverwendung seitens der Verbraucher. Zum zweiten fehlt den Gemeinden das Wissen, wie viel Wasser für welche Zwecke eingesetzt wird und damit eine wichtige strategische Planungsgrundlage. Die Gesamtverbräuche sind in einigen Gemeinden sehr hoch, mangels spezifischer Verbrauchsdaten lässt sich indessen über die Ursachen nur spekulieren (Netzverluste, übermässige Privat- oder Hotellerieverbräuche, Gewerbe, Beschneigung etc.).

Verbrauchsmessungen, bevorzugt per Haushaltung, Restaurations- und Hotelleriebetrieb und Gewerbe, sind selbstverständliches Element eines modernen Wassermanagements. Sinnvoll sind sie auch dort, wo sich heute keine Engpässe abzeichnen. Sie dienen vor allem als Planungsgrundlage für Ausbau und Unterhalt der Infrastruktur, erlauben aber auch zielgerichtete Massnahmen zur Vermeidung unnötig hohen Verbrauchs.

1.4.5 **Empfehlungen** Optimierung der Bewirtschaftung

- Stufenweise Einführung von Verbrauchsmessungen zur besseren Planbarkeit des zukünftigen Mengenbedarfs und der Infrastruktur
 - Anreize setzen zur Verwendung effizienter Armaturen in Haushalten und Hotellerie, um die Wassernachfrage zu dämpfen (z.B. Duschköpfe mit geringem Durchfluss, aber hohem Komfort)
 - Frühzeitige Berücksichtigung klimatischer Einflüsse auf die Ergiebigkeit von Quellen
 - Wo möglich Schaffung von Notverbindungen zu Nachbargemeinden, um Wasserengpässen vorzubeugen
-

1.4.6 **Anstehende Aufgaben** Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen

In einigen stark touristisch geprägten Gemeinden hat sich die Versorgung von Beschneigungsanlagen aus dem Trinkwassernetz etabliert. Da die Rohrleitungen und Pumpen für solche hohen punktuellen Entnahmen nicht ausgelegt sind, wurde die Infrastruktur entsprechend ausgebaut. In einigen Gemeinden dürfte die Erschliessung von Grundwasser in den letzten 20 Jahren zum Teil durch den zusätzlichen Bedarf für die Beschneigung ausgelöst worden sein.

Abgesehen von der möglichen Konkurrenz zwischen Trinkwasser und Beschneigung in den abflussarmen Wintermonaten ist die Fremdnutzung von Trinkwassernetzen auch vom Kostenstandpunkt her zweifelhaft. Öffentliche Wassernetze werden aus Gemeindesteuern finanziert und dienen in erster Linie der Sicherung der Versorgung mit Trinkwasser und Löschwasser. Gastronomie, Hotellerie und Lebensmittelgewerbe, die ebenfalls auf Trinkwasserqualität angewiesen sind, werden üblicherweise in dieses System integriert. Andere gewerbliche Aktivitäten wie Industriebetriebe, Steinbrüche oder Deponien, die nicht auf Trinkwasser angewiesen sind, decken ihren Wasserbedarf normalerweise aus eigenen Quellen oder Brunnen. Da die Beschneigung kein Trinkwasser erfordert, sollte auch sie möglichst vom öffentlichen Trinkwassernetz getrennt bleiben und eigene Infrastrukturen aufbauen.

Vereinzelt erfolgt auch die Wiesenbewässerung aus dem Trinkwassernetz. Meist versorgen sich die Landwirte oder Bewässerungsgenossenschaften allerdings aus Bächen und eigenen Quellen. Dies sollte überall die Regel sein. Eine zweite Frage ist, wie mit dem Verbrauch für die Gartenbewässerung zu verfahren ist. Steigen die Temperaturen durch den Klimawandel, ist auch mit trockeneren Bedingungen im Sommer und einer vermehrten Nachfrage nach Wasser für Privatgärten zu rechnen. Denkbar wäre, das hierfür benötigte Wasser in Zukunft separat zu einem höheren Tarif zu verrechnen. Dies würde Anreize setzen, Gärten mit trockenresistenteren Sorten zu bepflanzen bzw. Regenwasser in eigenen Zisternen zu sammeln.

1.4.7 **Empfehlungen** Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen

- Klare organisatorische, technische und ökonomische Trennung von Trinkwasserversorgung und anderen Wassernutzungen, die nicht auf Trinkwasserqualität angewiesen sind
 - Beschneidung und Wiesenbewässerung sollten sich in der Regel über eigene Infrastrukturen mit Wasser versorgen
 - Gestaffeltes Tarifsysteem für den privaten Wasserbezug mit höheren Ansätzen bei sehr hohem Gebrauch etwa für die Gartenbewässerung, um Anreize zur Verminderung des Wasserbezugs aus dem Trinkwassernetz zu geben
-



Dass die Quellen im Sommer auch bei Trockenheit noch reichlich sprudeln, verdanken wir der Schneeschmelze in hohen Lagen. Über zwei Drittel allen Quellwassers im Engadin stammen aus der Schneedecke.

1.5.1 Grundlagen und Besonderheiten

Im Gegensatz zu Wasserkraft und öffentlicher Trinkwasserversorgung, deren Infrastrukturen im Wesentlichen gebaut sind, befindet sich die Beschneigung in einem anhaltenden Auf- und Ausbau. Dieser ist einerseits bedingt durch die steigende Nachfrage der Bergbahnen nach witterungsunabhängiger, uneingeschränkter, durchgehender Pistenbefahrbarkeit während der gesamten Saison, andererseits in Erwartung einer weiteren Verminderung der natürlichen Schneefälle infolge des Klimawandels.

Während sich die Kunstschneebereitung in ihren Anfangsjahren auf einzelne neuralgische Pistenabschnitte konzentrierte, ist heute die durchgehende Beschneigung ganzer Abfahrten Standard, so dass auch bei völligem Ausbleiben von Schneefällen Wintersport möglich ist. Solche grossflächigen Beschneigungen erfordern enorme Wassermengen in relativ kurzer Zeit (überwiegend November, Dezember). Im Engadin ist deren Beschaffung weit eher als der Energiebedarf der Beschneigung das Nadelöhr des Wintersports.

In der alpinen Wasserwirtschaft ist die Beschneigung ein Nachzügler, auch im Engadin. In den Wintersportorten ist sie ein neuer Grossverbraucher, der sich mit den bestehenden Wassernutzungen arrangieren muss. Der Prozess der nachträglichen Integration des Beschneigungsbedarfs folgte je nach Gemeinde unterschiedlichen Mustern. Naheliegender schien zunächst, das benötigte Wasser der Trinkwasserversorgung zu entnehmen bzw. direkt deren hoch gelegenen Quellen. Diese Verquickung von Trinkwasserversorgung und Beschneigung hat sich in praktisch allen Wintersportorten erhalten. Der rasch steigende Bedarf liess sich aber schon bald nicht mehr aus dem Trinkwassernetz decken. Je nach Verfügbarkeit wurden daher Bergbäche und hoch gelegene Quellen erschlossen. In diesem Zug kam es vermutlich auch zu Umnutzungen von Trinkwasserquellen zugunsten der Beschneigung. In welchem Mass die Erschliessung von Grundwasservorkommen im Oberengadin einen Ersatz für solche umgenutzten Trinkwasserquellen darstellte, wäre nur durch eine umfassende Untersuchung zu ermitteln. Wahrscheinlich ist ein solcher Zusammenhang indessen.

Das Wasser von hochgelegenen Bächen und Quellen in den Skigebieten reicht in den meisten Fällen für die Beschneigung nicht aus. Vielfach muss Wasser um mehrere hundert Höhenmeter in die Beschneigungsgebiete hinaufgepumpt werden. Dies ist mit hohen Energiekosten verbunden, besonders da die Pumpleistung in den Wintermonaten bei hohen Stromtarifen benötigt wird. Als Alternative wurden in mehreren Skigebieten Speicherseen in grosser Höhe gebaut (St. Moritz, Pontresina, Scuol, Samnaun). Diese speisen sich nur zum Teil aus dem Schmelzwasser ihrer hochgelegenen Einzugsgebiete, so dass sie in der Regel ebenfalls mit Wasser aus tieferen Lagen gefüllt werden müssen.

1.5.2 Anstehende Aufgaben Beschneigung

Aus Sicht der Wasserwirtschaft ist das Hauptproblem der Beschneigung ein schlecht definierter, nach oben praktisch unbegrenzter Wasserbedarf. Je mehr Wasser zur Verfügung steht, desto mehr wird eingesetzt. Da aber jeder Wasserbezug, gleich ob aus Quellen, aus Bächen, aus dem Trinkwassernetz, aus Speicherseen oder aus Kraftwerksanlagen, mit ökologischen und landschaftlichen Folgen bzw. mit Einschränkungen anderer Nutzungen verbunden ist, wäre ein erster wichtiger Schritt eine verbindliche Festlegung des aktuellen und künftigen Bedarfs nach Mengen und Einsatzzeitpunkt. Nur so lässt sich ein realistischer Bewirtschaftungsplan erstellen, der die Obergrenzen der Verfügbarkeit berücksichtigt.

Zum heutigen Zeitpunkt verfügen die Behörden des Kantons Graubünden über keinen Überblick über Infrastrukturen und Ressourcennutzung der Beschneigung. Umnutzungen von Trinkwasseranlagen zugunsten der Beschneigung werden dem Kanton von den Gemeinden nicht gemeldet, obwohl dies gemäss Art. 6 Abs. 2 der Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser erforderlich wäre. Seit einigen Jahren werden Beschneigungsleitungen auch nicht mehr im Wasserversorgungsatlas des Bundes erfasst. Wie stichhaltig die Kenntnisse und Planungen auf Gemeindeebene sind, lässt sich nicht unabhängig ermitteln. Die öffentlich verfügbaren Unterlagen legen aber nahe, dass die Gemeinden und Bergbahnen unter erheblichem Druck der Skigebietskonkurrenz und des erwarteten Klimawandels agieren. Positiv ist, dass durch den Einsatz neuer Technologien – etwa GPS-basierte Schneehöhenmessungen – der Wassergebrauch vermindert werden soll. In der Regel fehlt es aber an einem fundierten Abgleich der Beschneigungsziele mit den tatsächlich lokal verfügbaren Wasserressourcen. Ein solcher Abgleich von Dargebot und Nutzung sollte idealerweise auch alle anderen Wassernutzungen

einbeziehen, etwa im Sinne einer regionalen Wasserressourcenplanung auf Ebene Gemeinde oder auf Ebene Region. Nur so lassen sich mögliche Konflikte von vornherein vermeiden und Nutzungssynergien identifizieren, etwa zwischen Wasserkraft und Beschneigung.

Zwei Gründe sprechen dafür, eine die Beschneigung einbeziehende Wasserressourcenplanung auch mit den kantonalen Behörden abzustimmen: erstens wegen der auch über das Gemeindegebiet hinausgreifenden hydrologischen und ökologischen Auswirkungen der durch die Beschneigung ausgelösten Eingriffe auf den Wasserhaushalt, zweitens wegen der erheblichen wirtschaftlichen Bedeutung des Wintersports und damit auch der Beschneigung für den gesamten Kanton. Dauerhafte Schädigungen der Gewässer können bei vorausschauender Planung ebenso vermieden werden wie Fehlinvestitionen oder Doppelspurigkeiten in der Beschneigungsinfrastruktur. Ein langfristig effizienter Einsatz von Wasserressourcen und Finanzmitteln in Wintersportinfrastrukturen – beides knappe Güter – ist ohne regionale Kooperation und Koordination kaum zu verwirklichen.

1.5.3 **Empfehlungen** Beschneigung

- Klare Definition von Beschneigungszielen und einer Obergrenze für den Wasserbedarf
 - Abgleich von Wasserbedarf der Beschneigung und lokaler Wasserverfügbarkeit
 - Vermeidung einer Übernutzung der lokalen Wasserressourcen
 - Regionale Planung von touristischen Infrastrukturen unter Einbezug der Beschneigungsziele der Bergbahnen
 - Meldung von Umnutzungen der Trinkwasserinfrastruktur zugunsten der Beschneigung an den Kanton durch die Gemeinden (Art. 6 Abs. 2 der Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser)
 - Einbezug der Wasserfassungs- und Wasserleitungsinfrastruktur für die Beschneigung im Wasserversorgungsatlas
-



Maschinelle Beschneigung wird immer nur ein Supplement zu echten Schneeflocken sein können. Ziel sollte es sein, gezielt und möglichst natur-schonend von ihr Gebrauch zu machen.

1.6 Hochwasserschutz im Engadin

1.6.1 Grundlagen und Besonderheiten

Neben der Nutzung der Wasserkraft üben die dem Hochwasserschutz dienenden Bauten den stärksten Einfluss auf die Gewässer des Engadins aus. Um den ursprünglich sumpfigen Talboden des Inns ganzjährig nutzbar zu machen und um Siedlungen, Verkehrswege und Infrastrukturen vor Überschwemmungen zu schützen, wurde der Inn auf weiten Strecken durch Schutzdämme eingeeignet und kanalisiert. Auch an vielen Bergbächen wurden zum Schutz der Dörfer Verbauungen errichtet, die zum Teil stark in den natürlichen Lauf des Wassers und die Geschiebedynamik eingreifen.

1.6.2 Anstehende Aufgaben Hochwasserschutz

Der Schutz vor Hochwasser geht häufig mit unerwünschten Folgen einher. So ist am Inn die Quervernetzung mit angrenzenden Lebensräumen wie Auenwäldern verloren gegangen. Sohlenschwellen und Eindolungen stehen an vielen Fließgewässern der freien Fischwanderung im Weg. Hiervon sind neben dem Oberlauf des Inns am stärksten die Ova da Roseg, die Fedacla, der Schergenbach in Samnaun und der Lavinuoz betroffen. Insgesamt werden im Engadin 115 Fischwanderhindernisse gezählt, die aus Gründen des Hochwasserschutzes errichtet wurden.

Um die Nebenwirkungen des Hochwasserschutzes zu minimieren, soll dieser laut Wasserbaugesetz (WBG) in Zukunft möglichst gewässerverträglich erfolgen (Art. 4 Abs. 2 WBG), namentlich naturnah ausgeführt werden und den Gewässern ausreichend Raum lassen. Damit zielt das WBG in die gleiche Richtung wie das revidierte GSchG, das die Förderung von Revitalisierungen und die Sicherung und extensive Bewirtschaftung des Gewässerraums vorsieht. Dabei sollen Revitalisierungen auf jene Gewässerabschnitte konzentriert werden, in denen ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis zu erwarten ist. Dies ist überwiegend dort der Fall, wo sie der Gewässerökologie als auch dem Hochwasserschutz zugute kommen.

Das Ziel, Hochwasserschäden an Hab und Gut zu vermeiden, kann nicht nur durch Schutzbauten erreicht werden, sondern auch durch das Freihalten besonders hochwassergefährdeter Gebiete. Im Engadin, wo infolge des Tourismus lokal eine hohe Nachfrage nach Bauland besteht, sollte daher auf die weitere Erschliessung gefährdeter Flächen verzichtet werden. Mitunter kann es sogar sinnvoll sein, besonders exponierte Einzelobjekte zu verlegen, wenn sich dadurch aufwendige Hochwasserschutzmassnahmen (mit entsprechenden Kosten und ökologischen Folgen) vermeiden lassen.

1.6.3 Empfehlungen Hochwasserschutz

- Erfassung und zeitnahe Sanierung von Hochwasserschutzbauten nach modernen ökologischen Kriterien im Einklang mit dem Wasserbaugesetz
 - Verbesserung des Hochwasserschutzes durch Nutzung von Synergien mit Revitalisierungsprojekten am Inn
 - Hochwassergefährdete Flächen konsequent von Bebauung und anderen Nutzungen freigehalten
-



Steigt mit dem Klimawandel die Schneefallgrenze, so geht in den Wintermonaten mehr Niederschlag als Regen nieder und fließt direkt ab. Dieser Niederschlagsanteil fehlt bei der Schneeschmelze und wird die sommerlichen Abflüsse spürbar reduzieren. Dadurch werden sich die Wassernutzer im Engadin voraussichtlich mit erheblichen Herausforderungen konfrontiert sehen.

Das blaue Gold

Ohne Seen, ohne Quellen, ohne Brunnen, ohne Bäche und ohne den Inn hätte das Engadin nicht seine ausserordentliche Anziehungskraft. Wasser – in Form von Eis, von Schnee, von ruhendem und reissendem Wasser – ist ein prägendes touristisches Merkmal des Engadins. Dieses höchst wertvolle Gut zu erhalten, Wasser und Gewässer gleichzeitig aber intelligent und schonend zu nutzen, ist ein prioritäres Ziel der wasserwirtschaftlichen Planung.

Dabei sind die besonderen naturräumlichen Gegebenheiten des Engadins zu berücksichtigen. Das Engadin ist ein inneralpines Trockental und erhält mit durchschnittlich 1 138 mm/a wesentlich weniger Niederschlag als der Rest des schweizerischen Alpenraums. Das Unterengadin ist von regenreichen Wolken besonders stark abgeschirmt und daher nochmals niederschlagsärmer (siehe Abb. 1). Die Berge an der rechten Flanke des Unterengadins erhalten mit 800-900 mm/a nur halb so viel Niederschlag wie die Corvatschregion.

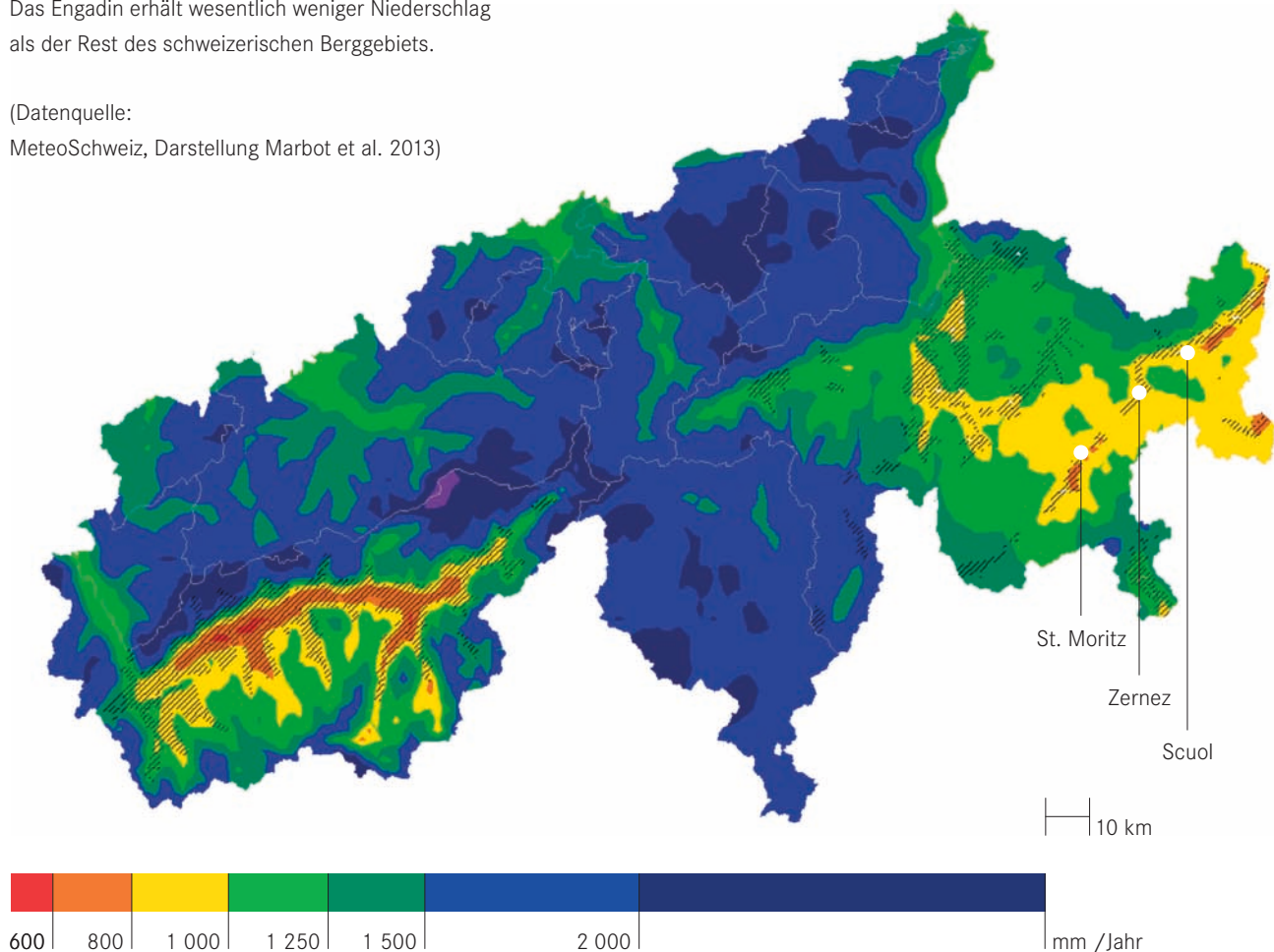
Abb. 1

Mittlerer Jahresniederschlag im Alpenraum für den Zeitraum 1961-2009

Das Engadin erhält wesentlich weniger Niederschlag als der Rest des schweizerischen Berggebiets.

(Datenquelle:

MeteoSchweiz, Darstellung Marbot et al. 2013)



Bei der Evapotranspiration zeigt sich eine typische Höhenverteilung, die im wesentlichen durch die Vegetationsdichte bestimmt ist. Die höchsten Werte mit bis zu 400 mm/a werden im Talgrund beobachtet. Dort verdunstet im Sommer deutlich mehr als vom Regen geliefert wird, so dass die Böden zeitweise stark austrocknen können (Goepfert 2007). Auch aus den Oberengadiner Seen verdunsten im Sommer grosse Wassermengen. Mit zunehmender Höhe nehmen die Pflanzenbedeckung und damit die Evapotranspiration rasch ab. Fast die Hälfte des schweizerischen Inneinzugsgebiets besteht aus vegetationslosem Fels und Geröll. In diesen Bereichen verdunsten rund 200 mm/a.

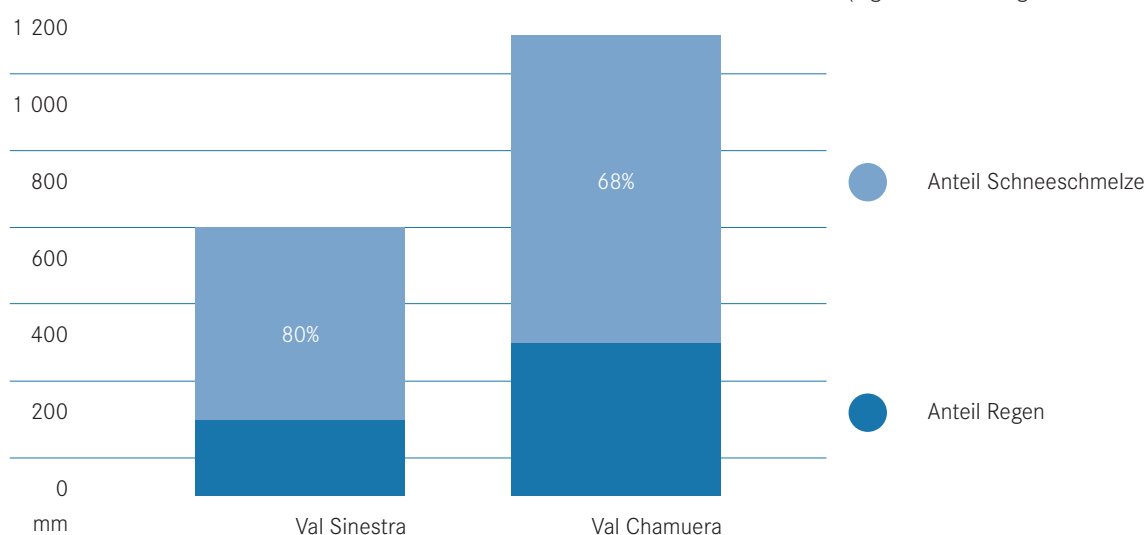
Für den Gesamtabfluss des Inneinzugsgebiets folgt daraus, dass niedrig gelegene Einzugsgebiete viel weniger Wasser beitragen als höher gelegene. Besonders in den Sommermonaten geht der Abfluss im Talgrund deutlich zurück, der Inn speist sich dann überwiegend aus den hoch gelegenen Einzugsgebieten (Bernhard et al. 2015).

Die Bedeutung der Schneedecke für den Wasserhaushalt ist – auf den ersten Blick überraschend – im Unterengadin wesentlich grösser als im Oberengadin. Wegen der geringen Sommerniederschläge und der relativ hohen Verdunstung speisen sich die Abflüsse der Einzugsgebiete im Unterengadin über das Jahr gesehen zu mindestens 70% (teils bis über 80%) aus Schnee. Im Oberengadin liegt dieser Anteil bei 50–70%. So stammen zum Beispiel in der Val Sinestra ob Sent 515 mm Abfluss aus der Schneeschmelze (80%), in der Val Chamuera ist es mit 764 mm wesentlich mehr Wasser, anteilig aber nur 68% des gesamten Abflusses (siehe Abb. 2). Das betont die entscheidende Rolle des Schnees für das Unterengadin und die Veränderungen des Wasserhaushalts, die mit steigenden Temperaturen erwartet werden (siehe Kap. 3). Gletscherschmelzwasser trägt nur am Corvatsch, an der Bernina, am Piz Grialetsch und am Piz Buin mehr als 10% zum Gesamtabfluss bei (Bernhard et al. 2015).

Abb. 2

Der Beitrag der Schneedecke zum Gesamtabfluss ist im Unterengadin bedeutender als im Oberengadin

(eigene Darstellung, Daten Bernhard et al. 2015)



Nutzungen

Der Wasserhaushalt des Engadins – seine Wassermengen, seine Flusslandschaften, die Qualität seiner Gewässer – ist durch die Aktivitäten der Menschen einem stetigen Wandel unterworfen. Die ältesten überlieferten Schriftstücke belegen, dass die Menschen schon vor über 500 Jahren Bäche und Quellen des Engadins für die Bewässerung von Wiesen und Äckern und als Antrieb für Mühlen nutzten (Gemeinde Samedan 2009, Bundi 2000). Als im 20. Jahrhundert die direkte Umwandlung von Wasserkraft in Elektrizität möglich wurde, intensivierte sich der Zugriff der Menschen auf die Engadiner Gewässer markant.

Mit dem florierenden Tourismus nahm auch der Wasserverbrauch rasch zu, und zahlreiche neue Quelfassungen und Grundwasserpumpwerke entstanden. Eine zweite Folge des touristischen Aufschwungs waren Abwasserprobleme, deren Bewältigung sich wegen ausgeprägter saisonaler Spitzen als besonders schwierig – und kostspielig – erwies.

Anhaltender und tiefgreifender Wandel

Der Wandel des Wasserhaushalt schreitet auch aktuell voran. Die in jüngerer Zeit verwirklichten und noch geplanten Wassernutzungen und Gewässereingriffe intensivieren den Zugriff auf den Wasserhaushalt. Ihre Wirkungen könnten sich als ebenso bedeutend erweisen wie die Umbrüche des 20. Jahrhunderts. Dafür gibt es drei Gründe:

1. Die aktuellen und geplanten Nutzungen bringen zusätzliche und zum Teil neuartige Auswirkungen auf die Gewässer mit sich (Beschneigung, Wärmenutzung).
2. Die aktuellen und geplanten Veränderungen erfolgen in einer Landschaft, deren Gewässerökologie zum Teil bereits stark beeinflusst ist.
3. Der Klimawandel verändert voraussichtlich Niederschlagsmengen, saisonale Niederschlagsverteilung, Schneeschmelze, Gletscherabflüsse, im Untergrund gespeicherte Wassermengen und die Ergiebigkeit von Bächen und Quellen.

Überblick gewinnen, Nutzungen koordinieren

Wasser ist heute im Fokus von vielerlei gesellschaftlichen Interessen. Wasserkraft, Tourismus, Landwirtschaft, Hochwasserschutz, Trinkwasserversorgung und Gewässerökologie haben die gleiche Ressource im Blick, werden aber von verschiedenen kantonalen und kommunalen Stellen verwaltet. Mitunter beanspruchen verschiedene Akteure die gleichen Gewässer, ohne die Nutzungen und deren Auswirkungen gesamthaft zu analysieren und zu optimieren. In der Folge können Interessenskonflikte und unerwünschte ökologische Schäden auftreten, die bei guter Koordination vermeidbar wären.

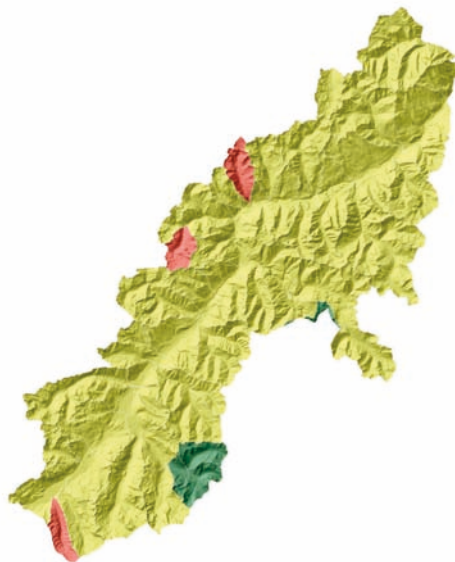
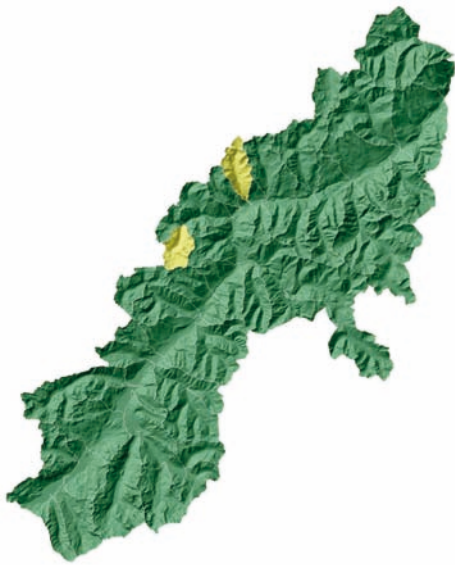
Wassernutzung und Wasserdargebot müssen sich mittelfristig im Gleichgewicht befinden, einerseits um die Nutzungen zu gewährleisten, andererseits um Schäden am Wasserhaushalt und den Ökosystemen auszuschliessen. Mit der infolge des Klimawandels deutlichen Zunahme der Temperatur sind auch Änderungen der Wassermengen in Flüssen und Bächen und damit der Wasserverfügbarkeit zu erwarten. Auf Ebene Schweiz sind die heute absehbaren hydrologischen Folgen des Klimawandels bereits vor einigen Jahren abgeklärt worden (Bernhard et al. 2012, Bernhard et al. 2013).

Diese Untersuchungen reichen aber nicht aus, um Aussagen über kleinräumige Änderungen des Wasserregimes im Engadin unter dem Einfluss des Klimawandels zu machen. Daher wurde im Rahmen dieser Studie die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) beauftragt, räumlich hoch aufgelöste Szenarien des Wasserkreislaufs und des Abflusses für die 55 Untereinzugsgebiete des Engadins zu erarbeiten. Betrachtet wurden die Zeiträume von **2021-2050 = nahe Zukunft**, **2045-2074 = mittlere Zukunft** und **2070-2099 = ferne Zukunft**. Auf Basis der erwarteten meteorologischen Veränderungen wurden Simulationen der zukünftigen Vergletscherung, der Schneedecke und des Abflusses vorgenommen (Bernhard et al. 2015).

Im folgenden werden wichtige Resultate aus dieser WSL-Studie referiert, soweit sie für den Wasserhaushalt des Engadins und die dortigen Wassernutzungen von Bedeutung sind. Wie sich die klimabedingten Änderungen auf den Wasserhaushalt und die Wassernutzung im Engadin auswirken, wird in Kapitel 5 der vorliegenden Studie unter den einzelnen Nutzungsaspekten abgehandelt.

Bei den Simulationen wurde auch der kleinräumige physische Charakter des jeweiligen Einzugsgebiets auf Basis der Arealstatistik einbezogen (Auflösung 100 Meter). Das heisst, es wurden nicht nur Änderungen im Niederschlag und der Schneegrenze betrachtet, sondern auch die hydrologische Charakteristik der einzelnen Einzugsgebiete. Dadurch konnte z.B. berücksichtigt werden, dass überwiegend vegetationsfreie Geröllflächen ganz anders auf Niederschlagsänderungen reagieren als etwa Wälder oder Wiesen.

Da die Klimaänderung von der weiteren Entwicklung des atmosphärischen CO₂-Gehalts und damit von der Ausprägung der künftigen Weltklimapolitik abhängig ist, wurden den Rechnungen verschiedene Emissionsszenarien zugrunde gelegt. Wie weltweit üblich, wurde auch in dieser Studie von den Emissionsszenarien A1B (moderates Szenario) und A2 (worst case Szenario) ausgegangen. Die aufgrund des derzeitigen Emissionsgeschehens realistische Entwicklung des atmosphärischen CO₂-Gehalts liegt zwischen diesen beiden Szenarien.



3.1 Jahresabflussmengen

Der Klimawandel wirkt in vielfacher Weise auf den Wasserhaushalt im Gebirge: Das Niederschlagsgeschehen ändert sich, die Verdunstung nimmt zu, die Schneegrenze steigt und die Gletscher gehen zurück. All diese Variablen wirken sich in Kombination auf den Abfluss von Quellen, Bächen und Flüssen und die Erneuerung des Grundwassers aus und resultieren in einer relativ grossen Unsicherheit der ermittelten Abflüsse. Die Rechnungen zeigen, dass sich die Jahresabflüsse in einigen Untereinzugsgebieten des Inns signifikant reduzieren könnten, vor allem wegen geringerer Niederschläge und einer höheren Verdunstung.

Überlagert wird die generelle Abflussverminderung von der Gletscherschmelze. In Untereinzugsgebieten mit Gletscheranteil werden bis etwa zur Mitte des Jahrhunderts durch das Abschmelzen der Gletschermasse im Sommer noch relativ hohe Abflüsse erwartet. Danach wird die Menge an Gletscherschmelzwasser deutlich zurückgehen. Für den Inn ist wegen der geringen Vergletscherung seines Einzugsgebiets dieser Effekt nicht entscheidend. Für seinen durchschnittlichen Jahresabfluss in den kommenden Jahrzehnten wird eine allmähliche Abnahme erwartet (rund 5% in der nahen, 10% in der mittleren und 15% in der fernen Zukunft).

Je nach Höhenlage und Niederschlagsverteilung ist der Rückgang des Jahresabflusses in den Untereinzugsgebieten des Engadins verschieden ausgeprägt. Abb. 3 gibt einen Überblick über die prozentuale Minderung in der nahen, mittleren und fernen Zukunft gegenüber der Kontrollperiode von 1981-2009. Die grössten Abnahmen verzeichnen hoch gelegene Einzugsgebiete mit geringem und rasch schwindendem Gletscheranteil, deren Abfluss sich schon in der nahen Zukunft (2021-2050) um 10-20% vermindern könnte.

Abb. 3 beschreibt den erwarteten Jahresabfluss im langjährigen Durchschnitt. In der Realität wird es wie bisher einen Wechsel von nasseren und trockeneren Jahren geben. Prognosen für die jährliche Variabilität im Wasserhaushalt unter veränderten Klimabedingungen sind allerdings sehr unsicher.

Abb. 3

Änderungen des Jahresabflusses in den 55 Untereinzugsgebieten des Engadins in Prozent gegenüber den Jahren 1981-2009

für die nahe Zukunft 2021-2050 oben
 für die mittlere Zukunft 2045-2074 Mitte
 für die fernere Zukunft 2070-2099 unten

- Abflussminderung um 0-10%
- Abflussminderung um 10-20%
- Abflussminderung um 20-30%

(eigene Darstellung,

Daten Bernhard et al., DHM/Gewässernetz Bundesamt für Landestopografie)

Emissionsszenario A1B medium band

Eindeutig sind hingegen die Folgen der steigenden Temperatur für die Schneedecke: im Durchschnitt wird je nach Modellannahmen eine Reduktion des als Schnee niedergehenden Niederschlags von 20-50% im Zeitraum 2021-2050 erwartet, im Zeitraum 2050-2099 sogar um 50-60%. Auch die Gletscher gehen weiter zurück, gegen Ende des Jahrhunderts könnte die Gletscherfläche im Einzugsgebiet von 4% (75.7 km² 1973) auf rund 1% (18.5 km²) abnehmen. Dies macht sich in den von Gletschern gespeisten Innzuflüssen in erster Linie im Sommer bemerkbar, auf den Gesamtabfluss des Inns hat es aber nur geringen Einfluss.

3.2 Verdunstung und Bodenwasserspeicher

In den letzten Jahrzehnten ist im Einzugsgebiet des Inns durchschnittlich etwa ein Viertel des Gesamtniederschlags verdunstet. Bei höheren Temperaturen wird dieser Anteil etwas zunehmen, und zwar um 3.5% in der nahen Zukunft (2021-2050) und um 6.5% in der fernen Zukunft (2070-2099). Das wird dazu führen, dass der Bodenwasserspeicher im Sommerhalbjahr vermindert wird. Ursachen dafür sind einerseits die höhere Verdunstung, zum zweiten der Rückgang der sommerlichen Niederschläge (siehe Kapitel 3.3). Im Winter könnte es in normalen Jahren genau umgekehrt sein: weil im Winterhalbjahr immer mehr Niederschläge als Regen und nicht als Schnee niedergehen, kann mehr Wasser versickern und den Bodenwasserspeicher füllen. Zwar kann dadurch die Bodenfeuchte im Winter zunehmen, die Wasserverfügbarkeit im Sommer wird allerdings nicht erhöht. Denn die Bodenfeuchte wird normalerweise durch die Schneeschmelze gesättigt, d.h. zusätzliches Wasser kann im Boden nicht zurückgehalten werden.

3.3 Der saisonale Abfluss

Wie in Kapitel 3.1 erläutert, werden sich die durchschnittlichen jährlichen Abflussmengen bis zum Ende des Jahrhunderts deutlich, aber nicht dramatisch verringern. Betrachtet man aber die Verteilung der in Bächen und Flüssen abfließenden Wassermenge in ihrem Jahresverlauf, zeigen sich gravierende Veränderungen (siehe Abb. 4). Im Winter wird bedingt durch die höhere Temperatur deutlich weniger Niederschlag in der Schneedecke gebunden bleiben. Dadurch erhöhen sich die direkten Abflüsse im Winterhalbjahr, diese Mengen fehlen aber im Frühjahr und Frühsommer bei der Schneeschmelze. Zweitens wird die Schneeschmelze drei bis sechs Wochen früher eintreten und kürzer ausfallen, so dass die Abflüsse von Bächen und Flüssen, aber auch Quellen, in den Sommermonaten Juli, August und September deutlich zurückgehen. Im Unterengadin könnten die Abflüsse auch schon im Juni vermindert sein.

Die Minderung ist dort am stärksten ausgeprägt, wo der Beitrag des Schnees am Abfluss am grössten ist. Beispielhaft wird das in Abb. 4 am einem hoch gelegenen, vergletscherten Einzugsgebiet (Val Roseg) und einem unvergletscherten Einzugsgebiet im Unterengadin (Val Plavna) dargestellt. Im Val Roseg vermindern sich die sommerlichen Abflüsse, bleiben aber auch gegen Ende des Jahrhunderts noch hoch. Dagegen gehen im Val Plavna, das stellvertretend für die relativ niederschlagsarmen und von der Schneeschmelze abhängigen Einzugsgebiete des Unterengadins steht, die sommerlichen Abflüsse ab Juli (gegen Ende des Jahrhunderts bereits ab Juni) markant zurück.

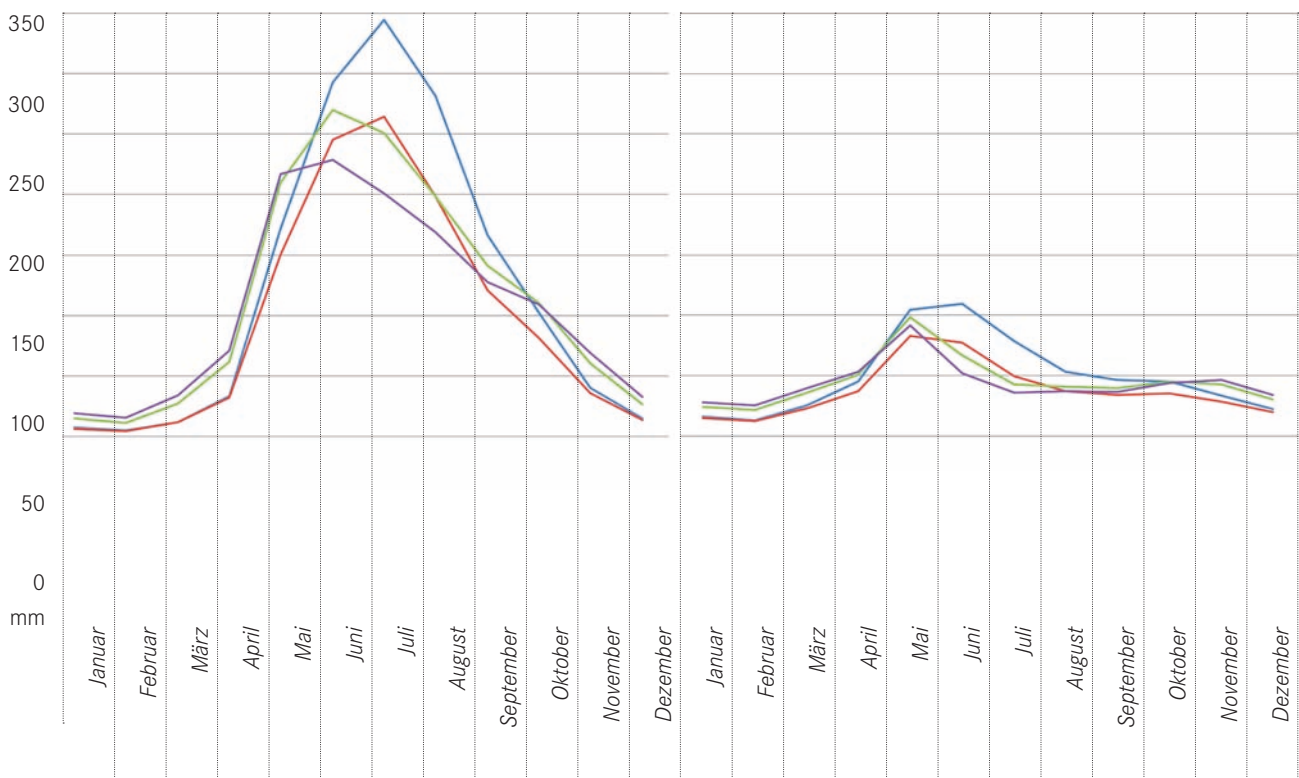


Abb. 4

Verminderung der jährlichen Abflüsse und Verschiebung der Abflussmaxima vom Sommer ins Frühjahr in mm am Beispiel der Einzugsgebiete

Val Roseg links

Val Plavna rechts

(eigene Darstellung, Daten Bernhard et al. 2015)

- Mittel 1981-2009
- 2021-2050
- 2045-2074
- 2070-2099

Emissionsszenario A1B medium band

Die Ausprägung der sommerlichen Abflussverminderung in den Monaten Juli, August und September wird in Abb. 5 für die 55 Einzugsgebiete des Engadins für die nahe, mittlere und ferne Zukunft dargestellt. Im Verlauf des Jahrhunderts ist fast überall mit einer markanten Abflussminderung in den Sommermonaten zu rechnen. Die Karten veranschaulichen die Abflussminderungen im langjährigen Durchschnitt, von denen es in der Realität wie heute von Jahr zu Jahr grosse Abweichungen geben kann. So wird es niederschlagsreiche Jahre mit ähnlichen Abflüssen wie heute geben, aber auch trockene Winter mit geringen Schneemengen und entsprechend geringer Schneeschmelze, die die sommerlichen Abflüsse noch weiter vermindern. Auf diese Änderungen werden sich die Nutzungen einstellen müssen.

3.4 Diversität der Engadiner Einzugsgebiete

Die unterschiedliche Ausprägung der sommerlichen Abflussverminderung in den verschiedenen Einzugsgebieten ist nicht überraschend. Besonders betroffen sind wie erwähnt Einzugsgebiete mit einem hohen Einfluss der Schneeschmelze. Zweitens gibt es auch grosse regionale Unterschiede im Niederschlag: so geht auf die Unterengadiner Einzugsgebiete rechts des Inns nur halb soviel Regen und Schnee nieder wie auf die Berninaregion (rechts des Inn, Oberengadin).

Verstärkt werden diese Unterschiede durch die Verdunstung: im Oberengadin gibt es aufgrund des hohen Anteils an hoch gelegenen Karland viel weniger Vegetation und daher viel weniger pflanzenbedingte Verdunstung (Transpiration). Diese Abweichungen in Niederschlag und Verdunstung drücken sich deutlich in den Abflüssen aus. Die Jahresabflüsse im Oberengadin sind doppelt bis dreimal so gross wie im Unterengadin.

Diese Unterschiede machen sich auch bei den erwarteten zukünftigen Abflussänderungen im Sommer bemerkbar. Im Val Roseg geht der Abfluss in den Monaten Juli, August und September von heute 793 mm auf 497 mm (2070-2099) zurück (minus 37%), im Val Plavna von 187 mm auf 109 mm (minus 39%) (Abb. 4). Auch wenn die prozentualen Rückgänge ähnlich sind, werden potenzielle Nutzungseinschränkungen und daraus resultierende Konflikte in trockeneren Tälern stärker ins Gewicht fallen. Das gilt es insbesondere bei der Trinkwasserversorgung aus Quellen zu berücksichtigen.

Abb. 5

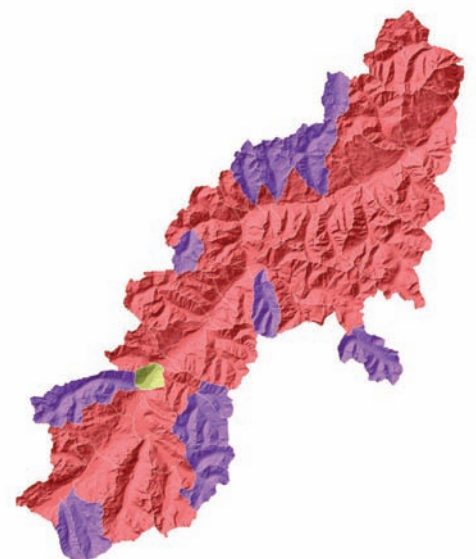
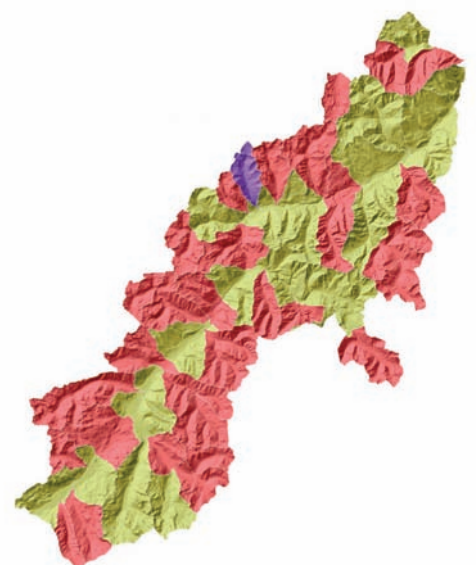
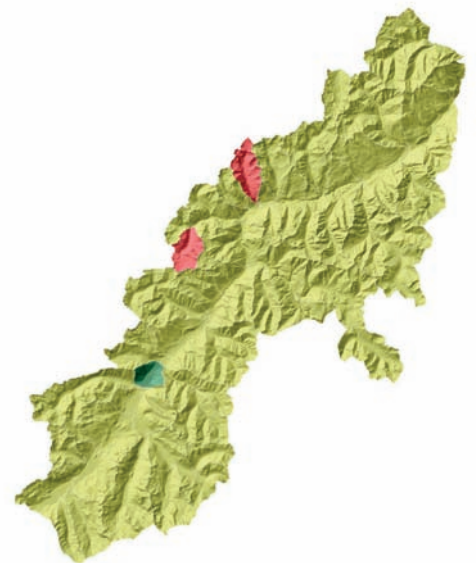
Änderungen des sommerlichen Abflusses Juli, August, September
in den 55 Untereinzugsgebieten des Engadins
bezogen auf Durchschnitt der Jahre 1981-2009 für
die nahe Zukunft 2021-2050 oben
die mittlere Zukunft 2045-2074 Mitte
die ferne Zukunft 2070-2099 unten

(eigene Darstellung,

Daten Bernhard et al. 2015, DHM/Gewässernetz Bundesamt für Landestopografie)

- Abflussminderung um 0-10%
- Abflussminderung um 10-30%
- Abflussminderung um 30-45%
- Abflussminderung um 45-63%

Emissionsszenario A1B medium band



4.1 Zielsetzung der Studie

Wer in Zeiten klimabedingt sich ändernder Wasserverfügbarkeit wissen will, wie sich die heutigen und die geplanten zusätzlichen Nutzungen gewässerträglich verwirklichen lassen, ist auf einen Gesamtüberblick aller Eingriffe und von deren Wirkungen angewiesen. Nur so lässt sich erkennen, ob Naturgrenzen überschritten werden bzw. ob ausgleichende Massnahmen nötig sind.

4.2 Methodik Wassernutzungen umfassend abbilden

Der Begriff Wassernutzung im Sinne dieser Studie umfasst neben Wasserentnahmen auch den Eintrag von Stoffen und Wärme in die Gewässer. Weiterhin werden auch Eingriffe in die Gewässermorphologie wie Staustufen oder Uferbefestigungen als Gewässernutzung angesehen, einschliesslich der dem Hochwasserschutz dienenden Bauwerke. Da auch Aktivitäten im Einzugsgebiet von Gewässern die Speicherung, den Abfluss und die Qualität des Wassers beeinflussen, werden zudem die für Gewässer bedeutenden Flächennutzungen analysiert.

In dieser Studie wird das Interesse an einer Nutzung von Gewässern für Wasserkraft, Bewässerung, Beschneidung oder als Trinkwasser gleich behandelt wie das Interesse an Hochwasserschutz und an ökologisch intakten Gewässern. Die Studie macht also nicht die übliche Unterscheidung von Schutz- und Nutzungsinteressen. Damit greift sie einen im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms **Nachhaltige Wassernutzung** (NFP 61) entwickelten Ansatz auf (Lanz et al. 2014a).

Bisher fehlte es an einem gesamthaften Überblick über alle Nutzungen, die Wasser, Gewässer und von Wasser geprägte Landschaften im Engadin beeinflussen. Daher wurden sämtliche potenziellen Nutzungen von Gewässern und ihre gegenseitigen Wirkungen aufeinander untersucht und in der Studie übersichtlich dargelegt. Wegen der Vielfalt der Einflüsse hat sich die Aufteilung der Analyse in vier inhaltliche Dimensionen als sinnvoll erwiesen:

Gruppierung von Wassernutzungen in dieser Studie

- **Mengenbewirtschaftung** Kapitel 5.1, Seite 24
mit Entnahmen von Wasser aus dem Inn und seinen Zuflüssen, aus Seen, Quellen, Stollen und Grundwasser, weiter Restwassermengen und Schwall-Sunk-Effekte
- **Einflüsse auf die Wasserqualität** Kapitel 5.2, Seite 52
durch Stoffeinträge in die Gewässer, direkt oder via Landschaft sowie Entzug oder Eintrag von Wärme an Gewässern
- **Eingriffe in die Hydromorphologie** Kapitel 5.3, Seite 68
Veränderung der Fliessgewässer durch Stauhaltung, Längsverbauung, Sohlbefestigung und Begradigung
- **Gewässerrelevante Flächennutzungen** Kapitel 5.4, Seite 78
durch grossflächige Landschaftsveränderungen wie Siedlungen, Verkehrswege, Tunnels und Pistenplanierungen

Aktivitäten

mit Einfluss auf Wasser und Gewässer

- **Schutz des naturnahen ökologischen Zustandes**
- **Versorgung mit Trink-, Brauch- und Löschwasser**
- **Bewirtschaftung von Abwasser und Regenwasser**
- **Flächenbedarf Siedlung**
- **Energieversorgung mit Strom, Wärme, Gas**
- **Landwirtschaftliche Produktion**
- **Hochwasserschutz**
- **Erholung und Tourismus**
- **Schifffahrt**
- **Fischerei**

Diese Studie legt die Eingriffe in den Wasserhaushalt des Engadins in ihrer gegenseitigen Wechselwirkung als auch in ihren Folgen für die Gewässer möglichst vollständig dar. Zunächst wird jeweils die heutige Situation beschrieben, dann die Folgen des Klimawandels und der sich verändernden gesellschaftlichen Ansprüche auf die Gewässer für die kommenden Jahrzehnte abgeschätzt.

4.3 Die Vorgehensweise

Grundlage dieser Studie ist zum einen eine Umfrage bei den Engadiner Gemeinden nach verfügbaren Wasserressourcen, Nutzungsmengen, Einsatzbereichen und potenziellen Konflikten um Wasser. Zweitens konnte auf Umfrageergebnisse des Amtes für Umwelt und Natur Graubünden (ANU) zu Trinkwasserquellen und auf Daten und Karten aus dem Wasserversorgungsatlas des Bundes zurückgegriffen werden. Ergänzt wurde die Information durch Interviews mit ANU-Verantwortlichen und die öffentlich zugängliche Literatur.

Für die Abschätzung der zukünftigen hydrologischen Situation diente das im Rahmen dieser Studie vom WWF beauftragte Gutachten der WSL.

Als wertvoll erwies sich die Betrachtung der Wasserwirtschaft des Engadins vor dem Hintergrund anderer Schweizer Regionen. Vielerorts zeigen sich ähnliche Fragestellungen, so dass anderswo gewählte Lösungsansätze auch für das Engadin anwendbar sind.

Ein zukunftsfähiger Umgang mit Wasser und Gewässern setzt einen fundierten Abgleich von Ansprüchen (Entnahmen, Stoffeinträgen, Landschaftsnutzung) und hydrologischen Gegebenheiten (verfügbare Mengen, Aufnahmekapazität für Fremdstoffe, gewässerökologische Grenzen) voraus. Ein solcher Abgleich von Dargebot und Nutzungen ist einerseits über das gesamte Einzugsgebiet des Inns sinnvoll. Gerade im Hinblick auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung wurden aber auch genauere Betrachtungen auf Gemeindeebene angestellt.

Weitere Details können interessierten Gemeinden nach Absprache mit Pro Terra Engiadina und WWF Graubünden im Rahmen von Gesprächen dargelegt werden.

Im folgenden wird eine Analyse der Wassernutzungen im Engadin und ihrer Auswirkungen auf Gewässer und andere Nutzer vorgenommen. Dazu wird jede Nutzungsart charakterisiert und die vorhandenen bzw. verfügbaren Daten dargelegt. Anhand der heutigen Nutzung und deren absehbarer Zukunftsentwicklung werden potenzielle Nutzungskonflikte und Synergien identifiziert. Wo relevant wird auch ein Abgleich mit der sich durch den Klimawandel verändernden Wasserverfügbarkeit durchgeführt.

5.1 Mengenbewirtschaftung

Wasser ist unbedingte Voraussetzung für jede Gesellschaft. Da es aber nicht überall und jederzeit im gewünschten Mass verfügbar ist, muss es gefasst, gepumpt, umgeleitet, reguliert werden. Folgende mengenrelevanten gesellschaftlichen Aktivitäten werden in diesem Kapitel behandelt: Wasserkraft, Wiesenbewässerung, Trinkwasserversorgung, Beschneigung, Strassen- und Tunnelbau sowie der Gewässerschutz. Der Hochwasserschutz, der ebenfalls mengenrelevant sein kann, entfaltet seine Hauptwirkungen im Bereich der Hydromorphologie und wird daher in Kapitel 5.3 betrachtet.

5.1.1 Mengenbewirtschaftung durch Speicherkraftwerke Grundlagen

Die Wasserkraft ist im Engadin – wie in der ganzen Schweiz – mit weitem Abstand die mengenmässig grösste Wassernutzung. 2500 Mio. m³ Wasser aus dem Inn und seinen Zuflüssen werden im Engadin turbinert und so etwa 1 460 GWh Strom pro Jahr erzeugt, etwa 4% der Schweizer Wasserkraftproduktion (BFE 2014). Weitere 88 Mio. m³ werden gemäss internationalem Abkommen von 1957 aus dem Spöl-Einzugsgebiet durch einen Stollen vom Lago di Livigno zum Lago di San Giacomo Richtung Italien umgeleitet und dort turbinert (Eidgenossenschaft 1957). Gesamthaft werden also rund 2590 Mio. m³ Wasser aus dem Inneinzugsgebiet jährlich für die Stromgewinnung genutzt, wegen der Mehrfachnutzung in Kaskaden entspricht dies dem Eineinhalbfachen des mittleren jährlichen Innabflusses bei Martina (1 670 Mio. m³).

Um eine solch hohe Ausnutzung der Wasserkräfte zu bewerkstelligen, werden neben dem Inn auch die Mehrzahl seiner Zuflüsse gefasst und abgeleitet. Unter den grösseren Seitenbächen verbleibt heute nur noch eine kleine Zahl, die nicht energetisch genutzt wird (z.B. Chamuera, Beverin, Ova da Punt Ota, Sarsura, Plavna, Brancla, Uina). Ihr Wasser fliesst erst dann durch Turbinen, wenn sie sich mit dem Inn vereinigt haben.

Konfliktpotenzial

Das Konfliktpotenzial der Wasserkraftnutzung ist gut dokumentiert und befindet sich seit Jahrzehnten in einem politischen Abwägungsprozess. Es bezieht sich im wesentlichen auf die gesellschaftliche Zielsetzung, die Fließgewässer in einen guten ökologischen Zustand zu versetzen bzw. diesen wiederherzustellen (Erhaltung natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt, Erhaltung der Gewässer als Landschaftselemente, Erhaltung der Fischgewässer, Art. 1 GSchG). Weiteres Konfliktpotenzial besteht beim Ziel der Erholungsnutzung (Wassersport). Die anderen Ziele des

Gewässerschutzgesetzes (Sicherstellung von Trink- und Brauchwasser, Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen) sind durch die Wasserkraft im Engadin nur wenig tangiert.

Die ökologischen Veränderungen sind vor allem deswegen beträchtlich, weil ein grosser Teil des Wassers zur Turbinierung über weite Strecken in den Fliessgewässern fehlt. Mehrere Monate im Jahr führen der Inn und die gefassten Nebengewässer weit weniger Wasser als von Natur aus, wodurch die Lebensverhältnisse von Flora und Fauna in und an den Gewässern stark beeinträchtigt sein können (Restwasserproblematik). Mehrere Seitenbäche des Inns sind unterhalb der Kraftwerksfassung sogar völlig trocken (Einzelheiten siehe unter d) im nächsten Abschnitt).

Ein zweiter unerwünschter Effekt der Wasserkraftnutzung ist die sehr unregelmässige Rückgabe des Wassers in den Inn nach der Turbinierung. Dieses als Schwall-Sunk bezeichnete Phänomen führt zu anomal hohen Abflussschwankungen und starken Strömungen, die vor allem die Fauna des Inns in Mitleidenschaft ziehen (Meile et al. 2005).

Aktuelle und zukünftige Entwicklungen

a) Boom von Kleinkraftwerken

In jüngster Zeit sind an mehreren Zuflüssen des Inns kleinere Wasserkraftwerke entstanden (Susasca 2011, Lavinuoz 2014, Tasnan 2014). Diese kleinen Kraftwerke profitieren von Bundessubventionen (KEV) und wären ohne diese nicht wirtschaftlich. Ihre Stromausbeute ist im Verhältnis zu den grossen Stationen des Engadins sehr gering, das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand ungünstig. Finanziell sind sie für die Gemeinden höchst attraktiv, Ardez und Ftan etwa erhalten seit 2014 einen Grossteil ihrer kommunalen Einkünfte aus dem Betrieb des neuen Kraftwerks Ouvra Electrica Tasnan (OET).

Ein weiteres Kleinkraftwerk möchte die Gemeinde Zernez an der Sarsura bauen, dieses Projekt befindet sich derzeit im Bewilligungsprozess (Gemeinde Zernez 2015). Projektideen gibt es auch für die Ova da Punt Ota (Zernez) und die Brancla zwischen Sent und Ramosch. Die Gemeinde La Punt Chamuesch hingegen stimmte 2014 gegen eine Wasserkraftnutzung im Val Chamuera.

b) Neues Gemeinschaftskraftwerk Inn (GKI)

Mehr Strom, weniger Schwall-Sunk

Besonders stark von Schwall-Sunk-Effekten betroffen ist der Innabschnitt unterhalb von Martina, wo die Engadiner Kraftwerke das von Pradella kommende Wasser turbinieren und in den Fluss zurückleiten. Auf dieser Flussstrecke schwanken die Abflüsse infolge der Stromgewinnung so stark, dass sie laut Beschluss der Bündner Regierung saniert werden müssen (Kanton Graubünden 2013a). Verbessern soll sich die Situation durch ein Wasserkraftprojekt, zu dessen Verwirklichung sich die Engadiner Kraftwerke (EKW), die österreichische VERBUND AG und das Elektrizitätsunternehmen des Bundeslandes Tirol (TIWAG) zur Gemeinschaftskraftwerk Inn GmbH (GKI) zusammengeschlossen haben.

Abb. 6

Die Chamuera bleibt als einer der wenigen Zuflüsse des Inns von einer Wasserkraftnutzung ausgenommen

(Mündung der Chamuera in den Inn

Bildquelle: Adrian Michael).



Abb. 7

Die im Bau befindliche neue Wehranlage bei Ovella

(Bildquelle: Fotomontage GKI)



Eine 15 Meter hohe Wehranlage, die derzeit bei Ovella, 3 km flussabwärts von Martina im Inn entsteht, wird ein 2.6 km langes Speicher- und Ausgleichsbecken bilden (Abb. 7). Um die freie Fischwanderung flussauf- und flussabwärts zu ermöglichen, wird gleichzeitig eine Fischwanderhilfe aus 81 stufenförmig angeordneten Becken gebaut. Als Restwassermenge für den Inn sind im Sommer $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (dynamisches Restwassermodell in Anlehnung an die natürliche Jahresganglinie), im ökologisch sensiblen Winter $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgesehen (TIWAG 2014). Nicht vergessen werden sollte, dass sich die Schwall-Sunk-Problematik durch das GKI im weiteren Verlauf des Inns in Tirol verstärkt und dort weiter auf Kritik der Umweltverbände stösst.

Hauptzweck des neuen, bisher grössten Speichersees am Schweizer Innabschnitt ist indessen nicht die Schwall-Sunk-Sanierung, sondern der Ausbau der Wasserkraftnutzung. Das neue Speicherbecken Ovella dient als Ausgangspunkt eines 23 km langen Triebwasserstollens im Fels der rechten Talflanke, der bis zu 75 l/s Innwasser aufnehmen und zur Turbinierung ins Krafthaus Prutz/Ried in Tirol führen wird. Für das Kraftwerk gibt GKI eine Leistung von 89 MW, ein Regelarbeitsvermögen von über 400 GWh jährlich und ein Investitionsvolumen von 461 Millionen Euro an (TIWAG 2014). Das neue Kraftwerk, dessen Bau im Herbst 2014 begonnen wurde, soll 2018 in Betrieb gehen.

c) Neues Schwall-Sunk-Regime bei den St. Moritzer Kraftwerken

Auch unterhalb des Kraftwerks Islas am Auslauf des St. Moritzersees gibt es Schwall-Sunk-Probleme. Diese will die St. Moritz Energie ohne zusätzliches Speicherbecken in den Griff bekommen. 2014 hat der Kanton einem neuen Konzept der Abflusssteuerung zugestimmt, mit der die Übergänge zwischen Schwall- und Sunkphasen gedämpft werden sollen (Kanton Graubünden 2014a). Skeptisch sind indessen die Fischer in Celerina, die ein Ausgleichsbecken am Berninasee am unteren Ende der Charnadüra-Schlucht vorgezogen hätten. Dieses hätte allerdings wertvollen Naturraum beansprucht und die Schwall-Sunk-Effekte nach Auffassung des Kantons kaum besser vermindert als die jetzt bewilligte Abflusssteuerung (Werner et al. 2010).

d) Sanierungsvereinbarungen zu Dotierwasserregimen

Einige Bäche im Engadin führen infolge der Kraftwerksnutzung viel zu wenig oder überhaupt kein Restwasser. Die zugrunde liegenden Entnahmekonzessionen sind konform mit der Gesetzgebung und der wissenschaftlichen Erkenntnis vor mehreren Jahrzehnten. Die damals verfügbaren Dotierwassermengen sind weit geringer als nach heutigen Standards, bleiben aber bis zum Ablauf der Konzession rechtskräftig. In gewissem Mass können die Kraftwerksbetreiber allerdings nach Art. 80 ff. GSchG schon vor Ablauf der Konzession zu höheren Restwassermengen verpflichtet werden, sofern die finanziellen Einbussen zumutbar sind.

Mitunter gelingt es auch, vor Ablauf einer Konzession Einvernehmen über die Erhöhung von Dotierwassermengen zu erzielen. Beispielhaft ist eine Vereinbarung zum Kraftwerk Pradella zwischen Engadiner Kraftwerken (EKW),

den Umwelt- und Fischereiverbänden sowie Kanton, Gemeinden und Nationalpark vom März 2015. Dabei konnten für die ökologisch wertvollen Bäche Vallember und Clemgia, deren Wasser die EKW bis Herbst 2015 vollständig entnahmen, neu bedeutende Dotierwassermengen und damit eine durchgängige Wasserführung gesichert werden (WWF 2015, Kanton Graubünden 2015a). In der Vallember belassen die EKW seit November 2015 im Winter 200 l/s und im Sommer 400 l/s Abfluss, in der Clemgia im Winter 115 l/s, im Sommer 335 l/s. In beiden Bächen werden dadurch der Lebensraum für Fische, der Geschiebetransport und das Landschaftsbild verbessert. Im Gegenzug können die EKW an anderen von ihr gefassten Bächen weiterhin den gesamten Abfluss nutzen (Ova da Varusch, Ova da Tantermozza, Sampuoirbach, Val d'Assa).

e) **Zusätzliche Stollen?**

Der Reibungswiderstand an den Wänden von Druckstollen setzt dem Durchfluss und damit der Wasserkraftnutzung eine nicht zu überwindende Grenze. Mit anderen Worten: die Turbinierung ist nicht nur durch die verfügbare Wassermenge limitiert, sondern auch durch die Abflusskapazität des Stollens. Jede Vergrößerung des Stollendurchmessers erhöht die Kapazität. Einfacher und kostengünstiger liesse sich die Abflusskapazität durch zusätzliche Stollen steigern. Das Projekt eines zweiten Stollens von Pradella nach Martina wird derzeit von den Engadiner Kraftwerken erwogen.

Eine Verdopplung des Wasserdurchsatzes im Kraftwerk Martina würde allerdings auch die Schwall-Sunk-Belastung des Inns verschärfen. Eine solche Kapazitätserhöhung kann also erst erwogen werden, wenn das im Bau befindliche GKI den vorgesehenen Zweck erfüllt und das Staubecken bei Martina auch für den verstärkten Schwall eines zweiten Stollens dimensioniert ist.

f) **Alternative Nutzung von Speicherseen**

Der Wasservorrat in Speicherseen kann im Prinzip auch anderen Nutzungen als der Wasserkraft zugeführt werden. Beispiele dafür sind Verträge von Elektrizitätsunternehmen zur Abgabe von Bewässerungswasser im Domleschg oder von Beschneigungswasser aus den Stauseen Zmutt und Grande Dixence für Zermatt. Im Engadin können die geplante Nutzung von Wasser aus dem Kleinkraftwerk an der Tasna für die Beschneigung in Scuol oder der Vertrag zwischen den EKW und der Gemeinde Sent über die Lieferung von Bewässerungswasser als Beispiele für eine gemeinsame, synergetische Nutzung der gleichen Infrastruktur betrachtet werden. Entsprechend werden die Kosten nutzergerecht verteilt: in der Regel ersetzen Wasserbezüger den Kraftwerksbetreibern die entgangenen Stromgewinne (Ausnahme Sent, Mauch 2004).

Eine detaillierte Fallstudie in der Region Sierre-Crans-Montana im Wallis zeigte, in welchem Mass sich Speicherseen multifunktional nutzen lassen: neben der Stromgewinnung dient das Wasser der dortigen Barrage de Tseuzier auch der Bewässerung des Golfplatzes und von Wiesen, der Beschneigung und sogar der Trinkwasserversorgung (Reynard et al. 2014). Ob sich solche Mehrfachnutzungen von für die Energiegewinnung gespeichertem Wasser

Abb. 8
Fraglich ist, ob das Wasser des Lago di Livigno, des Speichersees für die Stromgewinnung der Engadiner Kraftwerke (EKW), in Zukunft auch für andere Nutzungen beansprucht werden wird (Bildquelle: lexikon.freenet.de)



(etwa aus dem Lago di Livigno) auch im Engadin etablieren werden, hängt in erster Linie von der klimatischen Entwicklung ab. In längeren Dürrephasen (siehe Kapitel 5.1.7) könnte dieses Wasser eine willkommene letzte Reserve darstellen. Eine zweite Frage wird sein, ob bzw. in welchem Umfang die Kraftwerke für die entgangene Produktion zu entschädigen sind.

In Speicherseen können auch Starkniederschläge zurückgehalten und auf diese Weise Hochwasserspitzen gedämpft werden. Dies ist auch im Engadin durch Ableiten von Innwasser ins Reservoir Ova Spin möglich, allerdings mangels Speicherkapazitäten bei weitem nicht in dem Mass wie es im Berner Oberland praktiziert wird (Walther 2012).

g) Auswirkungen des Klimawandels

Für die Kraftwerke ist die Stromgewinnung aufgrund der hohen Nachfrage in den Wintermonaten besonders lukrativ. Im Winter führen die Bäche im Engadin aber nur wenig Wasser, so dass die Stromgewinnung in erster Linie auf das Wasser in Speicherseen zurückgreifen muss (im Engadin aus dem Lago di Livigno). Der Klimawandel könnte die Verhältnisse grundlegend ändern: im Winter wird bei steigenden Temperaturen weniger Niederschlag als Schnee gebunden bleiben und mehr Wasser direkt abfließen. Dies verbessert die Situation der Kraftwerke, denn sie können dann im Winter zusätzlich zu dem im Lago di Livigno gespeicherten Wasser den höheren Abfluss ausnutzen. Der Effekt einer Veränderung der Schneedecke ist im Engadin besonders ausgeprägt, denn der Beitrag der Schneeschmelze zum Gesamtabfluss des Inns beträgt 67% (Schweiz 40%). Laut Schätzungen des Kantons könnte der Ertrag der Kraftwerke durch die Änderung des Abflussregimes um rund ein Drittel ansteigen. Dagegen werden die möglichen Verluste durch verminderte Stromausbeute in Trockenzeiten wie 2003 als sehr gering erachtet (ANU 2015a).

Das Abschmelzen der Gletscher wird vorübergehend zu einer Erhöhung der Abflüsse führen, die voraussichtlich bis etwa 2040 anhalten wird. Im weiteren Verlauf des Jahrhunderts wird nach den Rechnungen der WSL mit dem Rückgang der Gletscher auch deren Anteil am Abfluss immer weiter abnehmen. Allerdings ist die Gletscherfläche im Engadin im Vergleich zu Wallis oder Berner Oberland klein, so dass sich die Abflussveränderungen durch den Rückgang des Eises nur lokal bemerkbar machen. Auf den Inn haben sie nur geringe Auswirkungen.

Empfehlungen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Wasserkraft und die von ihr verursachten gewässerökologischen Effekte stärker durch aktuelle und zukünftige Ausbauprojekte als durch den Klimawandel beeinflusst werden. Das Hauptaugenmerk sollte daher auf der raschen Neuverfügung von Restwassermengen bei den bestehenden Wasserkraftkonzessionen durch den Kanton liegen. Weiterhin scheint es aus ökonomischer und ökologischer Sicht sinnvoll, beim weiteren Ausbau der Wasserkraft in erster Linie auf eine Optimierung und Ergänzung bestehender Anlagen zu setzen. Die wenigen noch ungenutzten Innzuflüsse sollten von einem Ausbau der Wasserkraft verschont bleiben.

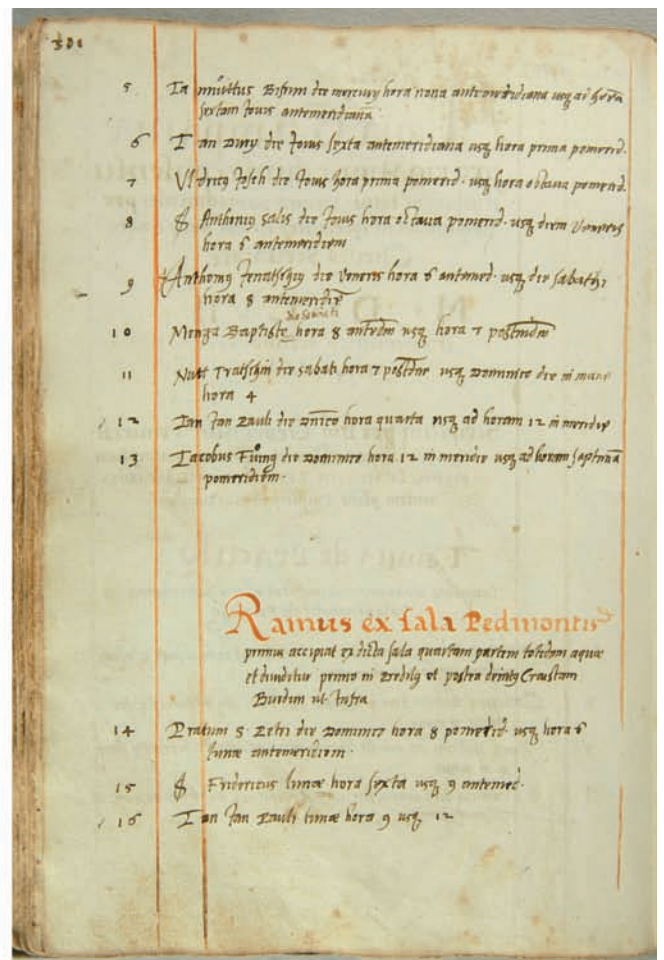
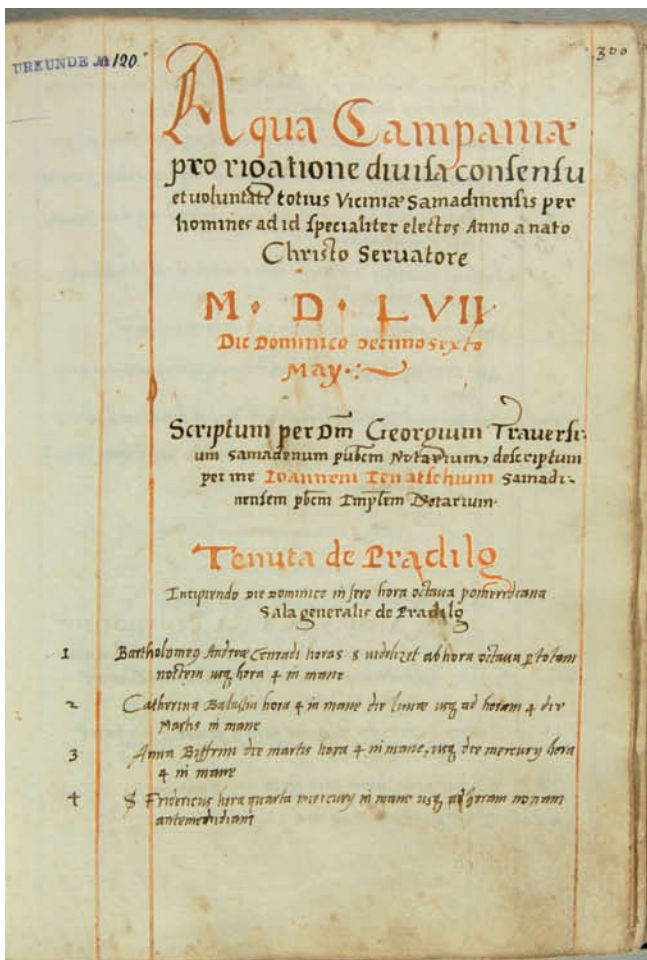
5.1.2 Mengengewirtschaftung durch die Bewässerung

Zur landwirtschaftlichen Bewässerung gibt es in der Schweiz generell nur wenige Daten. Obwohl die Bewässerung im Engadin eine lange Tradition hat (Abb. 9), sind über die aktuelle Praxis weder aggregierte Daten über bewässerte Flächen noch über verwendete Wassermengen verfügbar. Die Gemeinden verfügen nur dann über detaillierte Kenntnisse, wenn in den letzten Jahren im Rahmen von Meliorationen neue Bewässerungssysteme entstanden sind (z.B. Ftan, Sent, Valsot). In der für die Studie unternommenen Umfrage bei den Gemeinden konnten auch Gemeinden mit ausgeprägter Bewässerungswirtschaft keine detaillierten Angaben zu den verwendeten Mengen machen (eigene Umfrage 2015).

Aus Daten der landwirtschaftlichen Betriebszählung des Bundesamts für Statistik von 2010 lässt sich entnehmen, dass im gesamten Kanton Graubünden etwa 2633 ha landwirtschaftliche Nutzfläche künstlich bewässert wurden, 2096 ha davon entfielen auf Kunstwiesen und Dauergrünland (80%). Bewässert wurde überwiegend mit Sprinklern (82%). Das Bewässerungswasser stammte zu 52% aus Bächen, Flüssen und Seen und zu 28% aus dem Versorgungsnetz (der Rest stammte aus Grundwasser, betriebseigenen Zisternen und anderem). Diese Verhältnisse beziehen sich auf den Gesamtkanton, dürften aber annähernd auch die Situation im Engadin abbilden (BFS 2012).

Abb. 9

Verteilung des Quellwassers auf die 150 Wiesenbesitzer in Samedan 1557
(nur erste zwei Seiten, Quelle: Gemeindeforschung Samedan)



Besser definiert sind die Wassermengen, die im Kanton Graubünden für die Verhinderung von trockenheitsbedingten Ertragsausfällen theoretisch nötig wären. Eine so genannte Bewässerungsbedürftigkeit wird angenommen, wenn Wasserdefizite von mehr als 70 mm in landwirtschaftlichen Böden auftreten (Goepfert 2007). Diese Bedingung wurde für Scuol zwischen 1985 und 2004 in 13 von 20 Sommern erfüllt, die Region gilt daher als bewässerungsbedürftig. In Samedan wurde das Wasserdefizit von 70 mm sogar in 16 von 20 Jahren überschritten (Goepfert 2007). Ob die für eine Ertrags-sicherung nötige Bewässerungsmenge lokal bereitgestellt werden kann, ist eine zweite Frage.

Um abschätzen zu können, ob sich ein Bewässerungsprojekt im Einklang mit den lokal verfügbaren Wasserressourcen befindet, wären Kenntnisse über Verbrauchsmengen nötig. Diese werden aber höchstens in Einzelfällen ermittelt, in der Regel dann, wenn Landwirte Trinkwasser aus der öffentlichen Versorgung beziehen. Genutzt werden neben Trinkwasser aber überwiegend Bäche, seltener Quellwasser. Für diese sind Entnahmebewilligungen des Kantons erforderlich, die unter anderem Restwassermengen vorschreiben. Ein Monitoring, in welcher Menge tatsächlich Wasser entnommen und für die Bewässerung verwendet wird, ist eher selten und die Daten sind nicht öffentlich.

Normalerweise soll die Bewässerung von Wiesen ausschliesslich der Ertrags-sicherung bei fehlendem Niederschlag dienen, nicht der Ertragssteigerung. Eingehende vegetationsökologische Untersuchungen im Unterengadin deuten darauf hin, dass durch die Bewässerung vielfach eine Intensivierung der Bewirtschaftung eingetreten ist, d.h. es wird auch bewässert, um den Ertrag an Futtergras zu erhöhen (Graf et al. 2014). Zudem wurde die bewässerte Wiesenfläche im Unterengadin seit Ende der 1980er Jahre deutlich ausgeweitet, meist im Rahmen von Gesamtmeliorationen. Eine Intensivierung der Bewirtschaftung durch Bewässerung zieht häufig den Verlust ökologischer wertvoller, artenreicher Trockenstandorte nach sich (Graf et al. 2014). Laut Trockenwiesenverordnung (TwwV) ist daher eine Bewässerung von Trockenwiesen- und -weiden eigentlich nicht bewilligungsfähig. Allerdings fehlen exakte rechtliche Abgrenzungskriterien (Marbot 2013).

Ein wichtiger Anlass für die Ausweitung der Bewässerung im Engadin dürfte der Hitzesommer 2003 gewesen sein. Die Gemeinde Sent entschied unter dem Eindruck dieses Sommers, zusätzlich eine Bewässerungsanlage in die Gesamtmelioration aufzunehmen (Marbot 2013). Dadurch ergibt sich eine deutliche Ausweitung der bewässerten Wiesenfläche (Graf et al. 2014, Karte Seite 408). Auch in anderen Gemeinden des Unterengadins sind zusätzliche Bewässerungssysteme entstanden (Ftan, Tschlin-Chaflur). Es ist davon auszugehen, dass mit der deutlichen Ausweitung der bewässerbaren Flächen in den vergangenen 10 Jahren auch die genutzte Wassermenge zugenommen hat.

Aussergewöhnliche Trockenperioden

Die Nachfrage nach Bewässerungswasser steigt naturgemäss bei Trockenheit und Hitze. Bleibt der Regen längere Zeit aus – regenlose Perioden von 30 Tagen und mehr sind für das Unterengadin nicht untypisch – führen auch die Bäche deutlich weniger Wasser. Daher darf zum Beispiel die Bewässerungsgenossenschaft Scuol kein Wasser aus der Clozza entnehmen, wenn deren Abfluss unter 60 l/s fällt. Diese Mindestmenge gilt aber nur, solange keine aussergewöhnliche Trockenheit auftritt. In solchen Notsituationen kann bei ausgewiesenem Bewässerungsbedarf der Hauptfischereiaufseher eine höhere Wasserentnahme bewilligen, die das Unterschreiten der Mindestrestwassermenge von 60 l/s gestattet (EKU 2005). Diese Ausnahme, die für alle Bewässerungsentnahmen gilt, ist ökologisch bedenklich, da bei Trockenheit die Gewässer ohnehin unter niedriger Wasserführung und Erwärmung leiden.

Bewässerung und Klimawandel

Die klimatische Entwicklung wird vermutlich eine markante Verminderung der sommerlichen Abflüsse in den Bächen und Flüssen des Engadins nach sich ziehen (siehe Kapitel 3.3). Je nach Seitental könnten die Bachabflüsse im langjährigen Durchschnitt um einen Viertel bis über die Hälfte zurückgehen. Auch ohne besondere Trockenperioden führen dann im Juli, August und September die Bäche wesentlich weniger Wasser als heute. Im Unterengadin wird eine Verminderung der Abflüsse auch schon für den Juni erwartet, wenn die Nachfrage nach einer Bewässerung von Wiesen besonders hoch ist.

Der Kanton Graubünden geht in seiner Klimastrategie davon aus, dass durch höhere Temperaturen und stärkere Verdunstung die Bodenfeuchte bis zur Mitte des Jahrhunderts so stark zurückgehen wird, dass Wachstum und Ertrag der Wiesen eingeschränkt sind (ANU 2015a). Dadurch wird sich die Nachfrage der Landwirtschaft nach Bewässerung im Engadin erhöhen. Absehbar ist auch, dass den lokalen Bächen die benötigten Mengen an Wasser dann nicht mehr entnommen werden können.

Konflikte

Zwischen landwirtschaftlicher Bewässerung und Gewässerökologie (erforderliche Restwassermengen) besteht eine direkte Mengenkonkurrenz. Diese Konkurrenz ist heute in normalen Jahren wenig spürbar, da ein grosser Teil des Bewässerungswassers den Bächen bei hohem Abfluss während der Schneeschmelze entnommen wird. Nach schneearmen Wintern mit geringer Schneeschmelze oder in Hitzesommern wie 2003 treten aber Konfliktsituationen auf. In Zukunft wird sich die Schneeschmelze weiter vermindern (weniger Schnee infolge höherer Wintertemperaturen), zum anderen wird sie um drei bis sechs Wochen früher eintreten. Infolgedessen könnten sich die Abflüsse in den Bächen in den Monaten Juli, August und September stark vermindern (siehe Kapitel 3.3).

Empfehlungen

Der bereits heute in manchen Jahren spürbare Konflikt um Wasser zwischen Landwirtschaft und Gewässerökologie ist demnach in Zukunft häufiger zu erwarten. Dieser Entwicklung sollte frühzeitig Rechnung getragen werden.

Abb. 10

In den vergangenen Jahren ist die Wiesenbewässerung im Unterengadin auf immer grössere Flächen ausgedehnt worden, bei entsprechend höherem Wasserverbrauch (Wiesenbewässerung bei Sent
Bildquelle: www.sent-online.ch)



Einerseits könnte die Landwirtschaft auf andere, bereits gefasste Wasserressourcen zurückgreifen (etwa Wasser der Kraftwerke), andererseits in regenreichen Perioden Wasser in Speicherteichen und Zisternen sammeln. Durch diese Strategien könnten die Landwirte die Bewässerung auch in längeren Trockenphasen gewährleisten.

Schliesslich ist auch eine Bewirtschaftung mit stark verminderter Wiesenbewässerung denkbar. Im Engadin wurde die Bewässerung von Wiesen mit Sprinkleranlagen in grossem Stil erst in den 1980er Jahren aufgenommen (die traditionelle arbeitsintensive Berieselung war Mitte des 20. Jahrhunderts aufgegeben worden). Bewässert werden vor allem produktive, d.h. tief gelegene, wenig steile und relativ siedlungsnahe Flächen (Graf et al. 2014). Hier ist die Grünlandnutzung durch die Bewässerung deutlich intensiver geworden (frühere Mahd, zusätzliche Schnitte), obwohl die Bewässerung nur der Ertragssicherung, nicht der Ertragssteigerung dienen soll (Graf et al. 2014). Machbar und ökonomisch wie ökologisch sinnvoll wäre eine Umstellung der Bewässerung auf ertragssichernde Praktiken und eine Konzentration auf Flächen mit nachgewiesenem Bedarf.

5.1.3 Mengengewirtschaftung durch die Trinkwasserversorgung

Das Engadin und seine Bevölkerung befinden sich in Bezug auf die Versorgung mit Trinkwasser trotz des trockenen Klimas in einer günstigen Lage. Siedlungen, Industrie und Verkehrswege konzentrieren sich in der Talebene, während die für die Trinkwasserversorgung genutzten Quellen und deren Zuströmbereiche an den Talflanken weitgehend vor menschlichen Einflüssen geschützt sind. Überwiegend kann das Quellwasser ohne jede Aufbereitung in die Trinkwassernetze eingespeist werden, seltener ist eine entkeimende UV-Behandlung nötig.

Die Verfügbarkeit von Trinkwasser schwankt saisonal stark, denn im Winter liefern Quellen wesentlich weniger Wasser als im Sommer. Mehrere Gemeinden mit ausgeprägtem Wintertourismus haben ihre Trinkwasserinfrastruktur stark ausgebaut. Da sich der Spitzenverbrauch von Tausenden von Feriengästen während der Hochsaison nicht überall durch Quellwasser decken lässt, sind vor allem im Oberengadin in den letzten 25 Jahren mehrere grosse Grundwasserpumpwerke entstanden. Es sei allerdings angemerkt, dass nicht überall im Engadin ausreichende Grundwasserkörper existieren, die eine Nutzung erlauben (siehe Tabelle Seite 34).

Die besondere Rolle der Quellen

Angesichts der überragenden Bedeutung von Quellen für die Wasserversorgung des Engadins ist erstaunlich wenig über ihre Eigenschaften bekannt. Quellen zeigen eine ausgeprägte Saisonalität und liefern im Jahresverlauf unterschiedlich viel Wasser, im Winter wenig, während der Schneeschmelze das meiste. Die meisten Gemeinden wissen über die Abflussschwankungen ihrer Quellen nur in Ansätzen Bescheid, Abflussmessungen über längere Zeit gibt es nur vereinzelt. Diese sind aber entscheidend, um die verfügbaren Mengen und die Zuverlässigkeit von Quellen abschätzen zu können. Stark schwankende Quellen können in längeren Trockenzeiten schnell zurückgehen oder ganz versiegen. Auch auf die Wasserqualität lassen sich aus der Schwankungsintensität Rückschlüsse ableiten. Je stärker die Schüttung einer Quelle fluktuiert, desto direkter ist sie von Oberflächenwasser und Niederschlägen beeinflusst und desto empfindlicher ist sie gegen Verschmutzungseinflüsse.

In einer Umfrage des ANU machten die Gemeinden für mehr als die Hälfte aller für die öffentliche Trinkwasserversorgung genutzten Quellen keine Angaben zu Abflussmessungen (ANU 2014a). Für etwa 40% der Quellen existieren Angaben zu Mindest- und Höchstabflüssen, wobei diese vielfach auf Schätzungen oder sporadischen Einzelmessungen beruhen. Die kantonalen Behörden wissen derzeit nicht, welche Gemeinden über ausreichende Kenntnisse über den saisonalen Quellabfluss und damit die Qualität und Verlässlichkeit ihrer Trinkwasserversorgung verfügen.

Die dem ANU von den Gemeinden gemeldeten Quellschüttmengen zeigen, dass viele Quellen stark von Oberflächenwasser bzw. Niederschlägen beeinflusst sind (siehe Abb. 12). Um eine gute Wasserqualität zu sichern, sollten solche Quellen genauer untersucht und ggf. besser gefasst werden, um den direkten Zufluss von Regen- oder Bachwasser zu minimieren. Insgesamt muss davon ausgegangen werden, dass ein erheblicher Teil der Quellsfassungen nicht ausreichend gegen Verschmutzung gesichert ist. Auch wenn sie sich oft in entlegenen und wenig genutzten Gebieten befinden, genügt ein solcher Zustand nicht den für ein Lebensmittel nötigen Vorsorgemassnahmen.

Die Nutzung der Trinkwasserversorgung

Der Verbrauch von Trinkwasser ist von Gemeinde zu Gemeinde sehr unterschiedlich. Je stärker Tourismus, Hotellerie und Zweitwohnungen vertreten sind, desto höher ist der Wasserverbrauch. In manchen Gemeinden steigt der Tagesverbrauch in der Hauptsaison sprunghaft auf das Mehrfache des Jahresdurchschnitts. Generell ist aber festzustellen, dass der Prokopfverbrauch im Engadin – von wenigen Gemeinden abgesehen – deutlich über den in der Schweiz üblichen Werten liegt (eigene Umfrage 2015). So beziffert die Gemeinde Sils den Prokopfverbrauch pro Tag auf rund 330 Liter (ohne Tourismus) (eigene Umfrage 2015), während der durchschnittliche Prokopfverbrauch in der Schweiz bei 142 Litern liegt (bei Einbezug des Kleingewerbes 176 Liter) (Freiburghaus 2015).

Abb. 11

Hoch gelegene Quellen fernab menschlicher Landnutzungen liefern nahezu naturreines Trinkwasser, sofern sie gut unterhalten sind

Wasserleitungserneuerung im Fextal

Bildquelle www.sils.ch



Gemeinde	Art der Ressource	Bemerkungen	Quelle
Maloja	Seewasser Lej da Segl	Wenig Grundwasser	Wasserversorgungsatlas
Sils i.E.	Quellwasser, Grundwasser	Anteil Grundwasser 70-80%	Eigene Umfrage 2015
Silvaplana	Quellwasser	Grundwasserschutzareale* Silvaplana und Champfér	Eigene Umfrage 2015
St. Moritz	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasser 55% im Winter mehr	Webseite Gemeinde
Celerina	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasser 5%	Eigene Umfrage 2015
Pontresina	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasserschutzareal*	Gewässerschutzkarte Kanton
Samedan	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasser Winter 40-85% Grundwasser Sommer 0-20%	Webseite Gemeinde Eigene Umfrage 2015
Bever	Quellwasser, Grundwasser	Quellwasser 40%	Eigene Umfrage 2015
La Punt Chamues-ch	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasser 1%	Eigene Umfrage 2015
Madulain	Quellwasser	Grundwasserschutzareal*	Wasserversorgungsatlas
Zuoz	Quellwasser, Grundwasser	Nur im Winter 2% Grundwasser	Eigene Umfrage 2015
S-chanf	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	ANU 2013a
Zernez	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasserpumpwerk Anteil an Versorgung unbekannt	ANU 2013a
Susch	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasserpumpwerk Anteil an Versorgung unbekannt	ANU 2013a
Lavin	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	ANU 2013a
Guarda	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	ANU 2013a
Ardez	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	Eigene Umfrage 2015
Ftan	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	Eigene Umfrage 2015
Tarasp	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	Eigene Umfrage 2015
Scuol	Quellwasser	Geringe Grundwasservorkommen	Eigene Umfrage 2015
Sent	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	Eigene Umfrage 2015
Valsot	Quellwasser	Keine Grundwasservorkommen	Eigene Umfrage 2015
Samnaun	Quellwasser, Grundwasser	Grundwasser 9%	Eigene Umfrage 2015 Gemeinde Samnaun 2015

* Vorkommen für potenzielle zukünftige Nutzung

Trinkwasser wird nicht nur in den Haushalten und von Feriengästen genutzt, sondern auch für zahlreiche andere Zwecke. Vor allem im November und Dezember dient Trinkwasser vielerorts der Schneeherstellung, im Sommer der Bewässerung von Wiesen und Gärten. Auch Industrie und Gewerbe beziehen in einigen Gemeinden grosse Wassermengen, ebenso Hallenbäder. Praktisch alle Gemeinden unterhalten eine Vielzahl von Laufbrunnen, die überwiegend mit Trinkwasser gespeist werden.

Eine Aufschlüsselung nach Verbrauchsarten ist kaum möglich, da der Verbrauch der einzelnen Nutzergruppen im Engadin in der Regel nicht exakt gemessen wird. Der Beitrag der Nutzer an die Kosten von Wasserbeschaffung und Infrastruktur wird gewöhnlich auf Basis von Grundstücksgrössen, Wohnflächen, Anzahl Wasserhähnen oder Nutzungsart (Wohnen, Büro) beziffert, nicht anhand der verbrauchten Menge. Dies erschwert einen Überblick über die genutzten Mengen sowohl für die Wasserversorger (die Gemeinden) als auch für die Nutzer. Unnötig hohe Wasserbezüge bleiben unbemerkt und niemand sieht sich veranlasst, verbrauchsdämpfende Massnahmen zu ergreifen.

Abb. 12

Für die Trinkwasserversorgung genutzte Quellen im Engadin

Je geringer der Unterschied zwischen maximaler und minimaler Schüttung, desto geringer ist die direkte Beeinflussung durch Niederschlagswasser
(Schwankungsfaktor Q_{max}/Q_{min})

(eigene Darstellung, Daten ANU 2013, ANU 2014a, DHM/Gewässernetz Bundesamt für Landestopografie)

- Schwankungsfaktoren von 1-2
- Schwankungsfaktoren von 2-5
- Schwankungsfaktoren von 5-10
- Schwankungsfaktoren von > 10
- Daten zur Quellschüttung fehlen

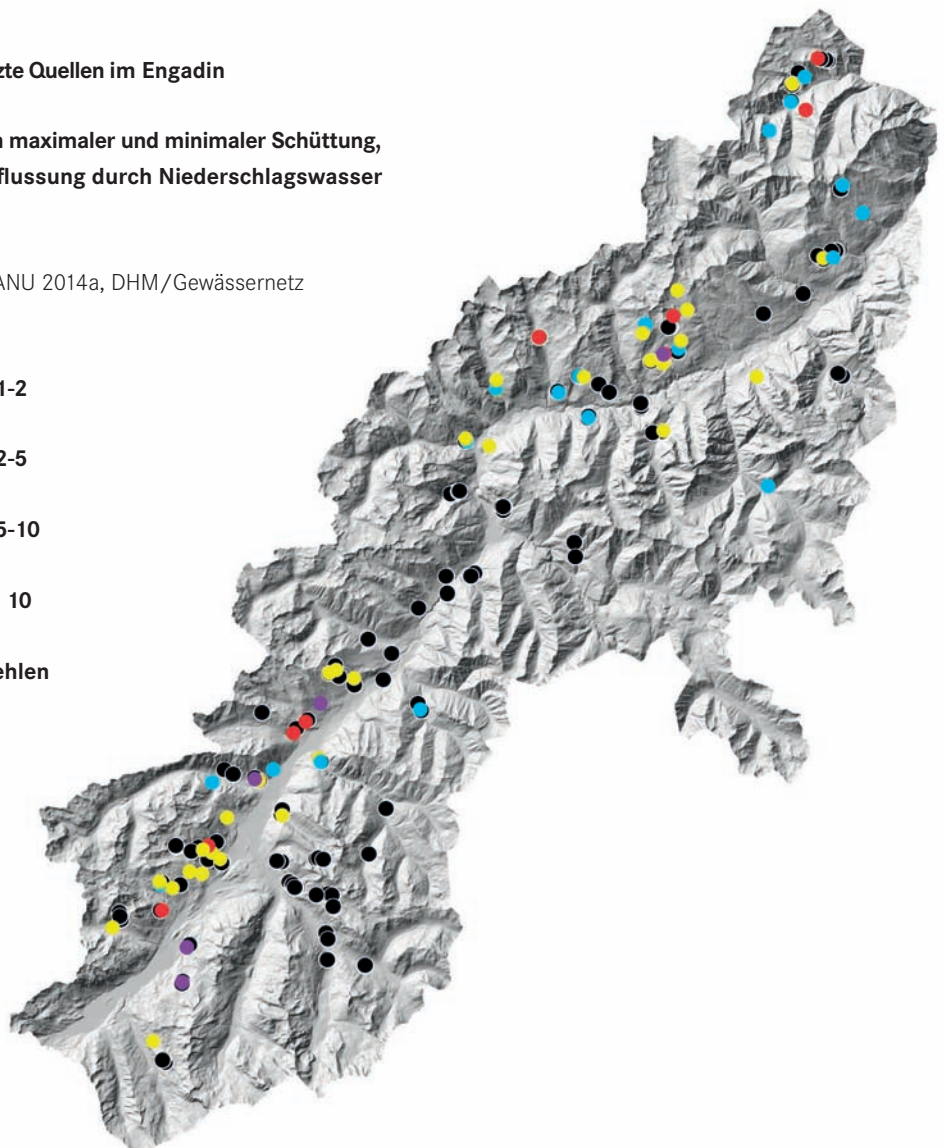


Abb. 13
Über den Wasserbedarf ihrer Laufbrunnen wissen die Gemeinden in der Regel besser Bescheid als über den Verbrauch von Haushalten und anderen Nutzungen
(Dorfbrunnen in Sent, Bildquelle: Klaus Lanz)



Da wegen der touristisch bedingten Verbrauchsspitzen in vielen Gemeinden relativ grosse Wassermengen erschlossen sind, herrscht in der Nebensaison zeitweise ein Überangebot an nutzbarem Trinkwasser. Dies kann besonders in den Sommermonaten den Eindruck von Überfluss vermitteln. Die Engpässe im Winter, wenn die Abflüsse der Quellen ab- und die Nutzungen zunehmen, sind dagegen weniger offensichtlich.

Zukünftige Entwicklung

Auf die Trinkwasserversorgung im Engadin könnte die Klimaerwärmung einen positiven Effekt haben: gibt es weniger Schnee (höhere Schneegrenze, kürzere Schneebedeckung), fliessen im Winter Bäche und Quellen reichlicher. Die Gemeinden könnten während des tendenziell wasserarmen Winterhalbjahrs dann auf grössere Wassermengen zurückgreifen. Verlass ist auf das zusätzliche Wasser indessen nicht, denn es wird nur in durchschnittlichen Jahren fliessen, in kalten Wintern bleibt es wie heute knapp.

Das im Winter zusätzlich abfliessende Wasser wird im Sommer fehlen. Das bisher überreichliche Angebot an Schmelzwasser wird zurückgehen, die Schneeschmelze drei bis sechs Wochen früher eintreten. Dies wirkt sich vor allem in den Monaten Juli, August und September aus, in denen der Abfluss in Bächen und Quellen deutlich zurückgehen kann bzw. von sommerlichen Niederschlägen abhängen wird. Da die Trinkwasserspeicher der Gemeinden nur für wenige Tage ausreichen, könnten schon nach kürzeren niederschlagsfreien Perioden lokale Engpässe auftreten. Wie der Hitzesommer 2003 gezeigt hat, ist dies bei längerer Trockenheit auch heute schon möglich.

Konflikte

Ausser den Haushalten, der Hotellerie und dem lokalen Gewerbe wird Trinkwasser in einigen Gemeinden auch für die Wiesenbewässerung (siehe Kapitel 5.1.2) und im Winter für die Beschneidung (siehe Kapitel 5.1.4) eingesetzt. Bewässerung und Beschneidung verwenden verhältnismässig grosse Wassermengen und beanspruchen das öffentliche Versorgungsnetz stark. Hierbei kann es zu Nutzungskonkurrenzen kommen: einerseits können die Landwirte und Bergbahnen zeitweise nicht in gewünschtem Mass auf Leitungswasser zugreifen und sind in ihrer Tätigkeit eingeschränkt. Andererseits müssen die Gemeinden ihrem gesetzlichen Auftrag nach jederzeit ausreichend Wasser für die Haushalte, aber auch als Löschwasser bereitstellen.

Interessant ist das Beispiel von Samnaun. Im Februar 2014 legte der Gemeindevorstand den Einwohnern des Tals den Ausbau der Trinkwasserversorgung durch das Projekt Grundwasserpumpwerk Motnaida zur Abstimmung vor. In der Begründung heisst es unter anderem: „Qualitativ gutes Quellwasser in ausreichender Menge ist im ganzen Tal äussert schwierig zu finden und die entsprechenden Baukosten dafür sind sehr hoch“ (Samnaun 2014). Der Antrag wurde von der Bevölkerung deutlich angenommen.

Laut Angaben der Gemeinde Samnaun liegt der maximale Trinkwasserbedarf in der Hochsaison im Februar ($1074 \text{ m}^3/\text{d}$, ANU 2013) deutlich unter

der minimalen winterlichen Quellschüttung (1900 m³/d, eigene Umfrage 2015). Der Hauptgrund für den Bau eines neuen Grundwasserpumpwerks geht aus dem Protokoll des Gemeindevorstands vom 7. Januar 2015 hervor, wonach nun die ergiebigen Quellen Cundeas ausschliesslich für die Beschneigung eingesetzt werden können (Gemeinde Samnaun 2015).

Konflikte zwischen gemeindlichen Trinkwasserversorgungen und der Wasserkraft sind im Engadin bisher nicht bekannt (Sonderfall Sent, siehe Kapitel 5.1.5). Die beiden Systeme sind weitgehend voneinander getrennt und verwenden unterschiedliche Wasserressourcen (Wasserkraft: Inn und grössere Zuflüsse; Trinkwasserversorgung: Quellen, Grundwasser). Denkbar wäre allenfalls ein negativer Einfluss geringer Restwassermengen in Inn und Flaz auf die Neubildung der flussnahen Grundwasservorkommen im Winter. Zumindest bisher werden die durch die winterlichen Entnahmen abgesenkten Grundwasservorkommen aber während der Schneeschmelze weitgehend aufgefüllt. Ob ohne Entnahmen aus dem Inn die winterlichen Grundwasserstände – und die damit die den Gemeinden zur Verfügung stehenden Wassermengen – höher wären, ist nicht geklärt.

Empfehlungen

In jedem Fall sollte gewährleistet sein, dass das qualitativ beste Wasser der Trinkwasserversorgung vorbehalten bleibt. Erst recht gilt dies in Gemeinden, in denen Trink- und Quellwasser auch für andere Zwecke (Bewässerung, Beschneigung) zum Einsatz kommt. Zur Optimierung von Trinkwasserqualität und Versorgungssicherheit bietet es sich an, hochwertiges Trinkwasser auch gemeindeübergreifend zu nutzen.

Die Kapazität von Trinkwassernetzen ist normalerweise nicht auf die Bereitstellung von Mengen ausgelegt, wie sie für Bewässerung und Beschneigung eingesetzt werden. Bau und Unterhalt von Trinkwasserinfrastrukturen – Fassungen, Speicher und Verteilnetz – sind teuer und werden aus Gemeindemitteln bzw. Beiträgen der Bürger finanziert. Der Ausbau sollte daher auf den Verbrauch von Bevölkerung und normalen Trinkwassernutzern wie Hotels und Gewerbe und den Löschwasserbedarf ausgelegt sein. Nutzungen wie Beschneigung und Bewässerung, die nur wenige Wochen im Jahr relative grosse Mengen Wasser verbrauchen, sollten ihren Bedarf bevorzugt mit eigenen Versorgungssystemen sicherstellen, wie dies bei der Bewässerung bereits überwiegend der Fall ist.

Oftmals ist es weit günstiger, Bedarfsspitzen statt durch einen weiteren Ausbau der Infrastruktur oder neue Grundwasserpumpwerke durch verbrauchs-dämpfende Massnahmen zu brechen (z.B. Gratisabgabe wassereffizienter Duschköpfe für die Hotellerie). Solche erprobten Massnahmen der Verbrauchssteuerung (Demand Management) sind in der Wasserwirtschaft des Engadins offenbar noch kaum üblich. Unabhängig von der verfügbaren Wassermenge wären sie aber in allen Gemeinden sinnvoll, da sie auch eine deutliche Verminderung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung mit sich bringen.

Die Nutzung von Synergien beim Betrieb von Trinkwassernetzen ist sinnvoll. Das gilt etwa für Überläufe von Trinkwasserfassungen, die für die Bewässerung oder Beschneigung oder für den Betrieb einer Turbine eingesetzt werden können. Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass nicht im Namen der Trinkwasserversorgung übergrosse Quellwassermengen gefasst werden, um sie anderen Zwecken zuzuführen. Dies ist einerseits bewilligungsrechtlich zweifelhaft (für Trinkwasserentnahmen gelten andere Restwasserbestimmungen als für Bewässerung, Beschneigung und Wasserkraft), andererseits sollte die Allgemeinheit nicht mit Infrastrukturkosten belastet werden, die lediglich Einzelinteressen nutzen.

Situationen mit längerer Trockenheit müssen frühzeitig erkannt und entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Eine kontinuierliche Messung von Quellschüttungen unter Berücksichtigung der Niederschlagsvorhersagen ist Voraussetzung dafür, möglichst früh reagieren zu können. Zeichnet sich eine Knappheitssituation ab, können weniger essenzielle Nutzungen vorsorglich zurückgefahren werden (z.B. Drosselung von Laufbrunnen). Um bei sich anbahnender Trockenheit adäquat handeln zu können, sind zudem Kenntnisse über Verbrauchsmuster der verschiedenen Nutzungen nützlich.

Generell scheint das Wissen um Verfügbarkeit und Einsatz von Trinkwasser nicht in allen Gemeinden auszureichen, um den Wasserverbrauch zu optimieren und den Ausbau der Infrastruktur zu steuern. Häufig fehlt es sowohl an einer systematischen Überwachung der Quellen – etwa durch automatisches Monitoring der Schüttungsmengen – als auch an Verbrauchsmessungen. So bleiben Quellprobleme (z.B. übermässige Schwankungen) ebenso unbemerkt wie Wasserverluste im Netz und bei Verbrauchern. Eine gesicherte und qualitativ gute Wasserversorgung können die Gemeinden nur gewährleisten, wenn sie sowohl über ihre Wasserressourcen als auch über deren Verwendung Bescheid wissen.

5.1.4 **Mengenbewirtschaftung durch die Beschneigung**

Durch die Einführung der maschinellen Beschneigung von Pisten und Loipen ist eine bedeutende Nutzung zur alpinen Wasserwirtschaft hinzugekommen. Im Engadin hat in Gemeinden mit Wintertourismus der Wassergebrauch durch die Beschneigung um die Hälfte und mehr zugenommen. Das zusätzliche Wasser kann nur zum kleinen Teil durch bereits für die Trinkwasserversorgung gefasste Quellen bereitgestellt werden. Daher wurden neue Quellen erschlossen, aber auch Bachwasser gefasst. Um vermehrt Wasser aus dem Trinkwassernetz entnehmen zu können, wurde die täglich lieferbare Trinkwassermenge durch den Bau von Grundwasserpumpwerken in einigen Gemeinden markant erhöht (z.B. Sils, St. Moritz, Celerina).

Die Pistenbeschneigung erfolgt in erster Linie in den Monaten Oktober, November und Dezember. In dieser Jahreszeit (Nebensaison) sind die Trinkwassernetze nicht ausgelastet und können in begrenztem Mass Beschneigungswasser bereitstellen. Entnahmen aus Bächen dagegen sind in dieser abflussarmen Zeit nur begrenzt möglich. Nachbeschneigungen in der Hochsaison (Schnee-

mangel, Pistenverbesserung, Talabfahrten) lassen sich wegen des zeitgleich hohen Bedarfs der Feriengäste in Hotels und Ferienwohnungen nicht aus dem Trinkwassernetz bewerkstelligen. Sie sind nur dort möglich, wo vom Trinkwassernetz unabhängige Vorkommen genutzt werden können. Vereinzelt bestehen ausdrücklich Quellendienstbarkeiten zugunsten der Beschneigung (Silvapiana).

Auch Loipen werden mit Kunstschnee präpariert und wenn möglich über die gesamte Wintersaison erhalten. Hierzu werden punktuell Schneelager produziert, von wo der Schnee per Lastwagen verteilt wird. Der Wasserbedarf ist deutlich geringer als für die Pistenbeschneigung.

Um der geringen Wasserverfügbarkeit in den Beschneigungsmonaten November und Dezember zu begegnen, bietet sich eine Speicherung von Wasser in den abflussstarken Zeiten an. Hierzu dienen zum einen geschlossene, unterirdische Reservoirs, wie sie auch in der Trinkwasserversorgung zum Einsatz kommen. Viel grössere Wassermengen, bis zu 400 000 m³, wie im Fall des Lej Alv im Skigebiet Corviglia, lassen sich in Speicherseen zwischenspeichern. Sie sind aber technisch anspruchsvoll und teuer und passen sich nicht immer gut in die alpine Landschaft ein.

Bewilligungen

Für die Nutzung von Bachwasser für die Beschneigung muss eine Wasserentnahmebewilligung des Kantons unter Berücksichtigung der Restwasserbestimmungen des GSchG eingeholt werden. Die in Frage kommenden hochalpinen Gewässer sind oft sehr klein ($Q_{347} < 50$ l/s), so dass Wasserentnahmen aufgrund von Art. 31 Abs. 1 GSchG nicht zulässig sind. Der Kanton kann allerdings Entnahmen auf Basis der Ausnahmebestimmung von Art. 32 GSchG mit Auflagen bewilligen, etwa wenn es sich um ein Nichtfischgewässer handelt. Ausserdem sind für Beschneigungsanlagen vom Kanton Bewilligungen für Bauten und Anlagen ausserhalb der Bauzonen einzuholen. Für die Nutzung von Quellen ist nur dann eine Bewilligung erforderlich, wenn diese den Abfluss eines Oberflächengewässers beeinflussen. Werden Trinkwasserfassungen oder Leitungen ganz oder teilweise vom Netz genommen und für die Beschneigung umgenutzt, muss eine solche Änderung nach Art. 6 Abs. 2 der Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser (EDI 2005) dem Kanton gemeldet werden. Der Vollzug dieser Bestimmung im Kanton Graubünden, der dem Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit (Trinkwasserinspektorat) obliegt, findet derzeit nicht statt.

Wie viel Wasser braucht die Beschneigung?

Die derzeit insgesamt für die Beschneigung verwendeten Wassermengen sind schwer zu beziffern, da der Wassergebrauch nicht systematisch erfasst wird und sich in veränderlichem Mass aus Trinkwasser, Speicherseen und eigens gefassten Bächen und Quellen zusammensetzt. Auch die kantonalen Behörden können die eingesetzten Mengen nur grob schätzen. Hierfür geht man in der Regel von der Grösse der beschneiten Fläche aus. Für die Grundbeschneigung einer Hektare Piste mit 30 cm werden je nach Tempe-

Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser

Art. 6, Abs. 2

Wer eine Wasserversorgungsanlage erstellen oder ändern will, muss dies der zuständigen kantonalen Vollzugsbehörde vorgängig melden.

ratur und Beschaffenheit des Untergrunds rund 600 bis 1 500 m³ Wasser angenommen (Rixen et al. 2011), für eine ganze Saison sind bis zu 3 000 m³ pro Hektare nötig (ORF 2013).

Für das Skigebiet Motta Naluns in Scuol zum Beispiel errechneten Rixen et al. einen Wasserverbrauch von 201 000 m³ für die Erstbeschneigung mit 30 cm (Rixen et al. 2011). Nach Angaben der Gemeinde Scuol stammen 15 000 m³ aus dem Trinkwassernetz (eigene Umfrage 2015), diese dienen der Beschneigung des unteren Abschnitts der Talabfahrt nach Scuol (Abb. 14). Die höher gelegenen Pistenbereiche werden mit eigens gefasstem Wasser beschneit.

Abb. 14

Die Talabfahrt nach Scuol wird im unteren Bereich mit Trinkwasser beschneit

(Bildquelle: Klaus Lanz, Aufnahme März 2015)



Aus Sicht der Bergbahnbetreiber in Scuol ist die verfügbare Menge für die gesetzten Beschneigungsziele unzureichend (Bergbahnen Motta Naluns 2013), eine Erschliessung genügender Vorkommen im Skigebiet jedoch nicht möglich. Die Bergbahnen planen daher, Wasser aus dem neu gebauten Kraftwerk am Tasnan zwischen Ardez und Ftan zu entnehmen und mehrere hundert Höhenmeter aufwärts ins Skigebiet zu pumpen. Diese Art der Wasserbeschaffung ist kostspielig, denn neben den Kosten für den Betrieb der Pumpen müssen die Kraftwerksbetreiber für die entgangene Wasserkraftnutzung entschädigt werden.

In Celerina liefert die Trinkwasserversorgung jährlich rund 132 000 m³ Wasser für die Pistenbeschneigung (eigene Umfrage 2015). Hinzu kommt direkt im Skigebiet separat gewonnenes Bach- und Quellwasser. Weit grössere Mengen, rund 800 000 m³, geben die Bergbahnen St. Moritz als Wasserbedarf für die Beschneigung an (Spinnler 2015). Im Herbst 2015 wurde im Skigebiet Corviglia mit rund 400 000 m³ Volumen der grösste Speichersee der Schweiz fertiggestellt (Bergbahnen St. Moritz 2013, Spinnler 2015). Er soll rund die Hälfte des Beschneigungsbedarfs decken und sich aus den Bächen des Val Schlattain speisen. Die Wassermengen in diesem Hochtal reichen dafür aber wegen der erforderlichen Restwassermengen nicht aus, so dass zur Füllung des Sees auch weiterhin Wasser aus tiefer liegenden Quellen ins Skigebiet gepumpt werden muss (ANU 2015b).

Der Vorteil des grossen Vorratsspeichers auf Corviglia ist, dass fast unbegrenzt Wasser zur Verfügung steht, wenn die Witterungsbedingungen für die Beschneigung günstig sind. Durch eine neue Pumpstation können bis zu 520 Liter pro Sekunde oder knapp 1 900 m³ pro Stunde in die Beschneigungssysteme gespeist und so alle wichtigen Pisten in nur 70 bis 80 Stunden mit Schnee bedeckt werden (Mantona 2014). Wird diese Kapazität ausgeschöpft, verarbeiten die Beschneigungsanlagen auf Corviglia mehr Wasser als die Stadt Bern im gleichen Zeitraum benötigt (Tagesbedarf 2014 37 586 m³, Stundenbedarf rund 1 600 m³) (Städteverband 2015).

Aktuelle Entwicklungen

Unter dem Druck der internationalen Konkurrenz der Schneesportgebiete wird von den Bergbahnen im Engadin eine weitere Ausdehnung der Beschneigung angestrebt. Dies betrifft die Sicherung des Saisonbeginns an

Weihnachten durch einen früheren Beschneigungsbeginn schon im Oktober, die Gewährleistung von Talabfahrten möglichst bis Ende Saison und die Ausdehnung der Beschneigung auf zusätzliche Pisten. Ziel ist eine Beschneigung von mindestens einer Piste pro Aufstiegshilfe (Bergbahnen Motta Naluns 2014).

So gewährten im März 2015 Bund und Kanton der Corvatsch AG Beiträge unter anderem für den Neubau einer Beschneigungsanlage (Sesselbahn Curtinella) (Kanton Graubünden 2015b). Diese und andere Beschneigungserweiterungen werden den Wasserverbrauch in Silvaplana deutlich erhöhen. An der Talstation dieser Bergbahn besteht bei zwei ergiebigen Trinkwasserquellen eine Quelldienstbarkeit zugunsten der Beschneigung (Quellen Marguns Surlej). Diese Quellen sind aber auch von grosser Bedeutung für die Trinkwasserversorgung von Silvaplana.

Für die aktuell geplanten Erweiterungen der Beschneigung genügen die derzeit erschlossenen Wasservorkommen in vielen Fällen nicht. Schon heute kommt es zu Konflikten mit der Trinkwasserversorgung, wenn zur Hochsaison mit Trinkwasser beschneit werden muss (Pontresina, Scuol). Fast überall wird die natürliche Kapazität von Quellen und Bächen im Skigebiet bereits ausgeschöpft. Wasser ist vielerorts zum limitierenden Faktor für die Pistenbeschneigung geworden. Um zusätzliches Wasser bereitzustellen, verfolgen die Bergbahnen verschiedene Strategien:

- a) Bau von hochalpinen Speicherbecken
- b) Fassung noch ungenutzter Bäche
- c) Vorverlegung des Beschneigungsbeginns, um schon im Oktober Wasser aus den Bächen nutzen zu können
- d) Umnutzung hochgelegener Quellen von Trinkwasser auf Beschneigung, Trinkwasserergänzung aus Grundwasser
- e) Einkauf von Kraftwerkswasser

Nicht in allen Fällen lassen sich die Engpässe im angestrebten Mass beseitigen.

Zukünftige Entwicklungen

Trifft die Erwärmung des Klimas ein wie prognostiziert, wird sich die Schneelage in den Wintersportgebieten weiter verschlechtern. Höhere Temperaturen bedeuten nicht nur eine höhere Schneegrenze, sondern auch weniger Nächte, die für eine Beschneigung genügend kalt sind. Für tiefere Lagen wird erwartet, dass sich die Beschneigungszeiten bis 2050 um 50% verkürzen (Rixen et al. 2011). Die Nachfrage nach Wasser für die Schneeproduktion wird also zunehmen und sich auf immer weniger kalte Nächte konzentrieren. Zwar könnte wegen der höheren Schneegrenze in den Wintermonaten etwas mehr Wasser direkt abfliessen. Wegen der kürzeren Zeitfenster für die Beschneigung lässt sich dieses grössere Dargebot aber nur nutzen, wenn entsprechende Speicherkapazitäten zur Verfügung stehen.

Einige Zahlen zur Beschneigung

In der Hauptbeschneigungszeit liegt der durchschnittliche Tagesverbrauch in Celerina bei 1 900 m³/d, weitere 7 700 m³ werden pro Saison für die Präparation von Loipen eingesetzt (eigene Umfrage 2015).

Gleichzeitig beziehen die 1 700 Einwohner 537 m³/d, d.h. der Wasserverbrauch für die Beschneigung ist zeitweise dreimal höher als der der ansässigen Bevölkerung (eigene Umfrage 2015).

Die Beschneigungskapazität der neuen Anlagen auf Corviglia (pro Stunde) ist höher als der durchschnittliche Wasserbedarf der Stadt Bern (pro Stunde).

Über Konflikte (temporär) mit der Trinkwasserversorgung wird in Scuol und Pontresina berichtet.

In Samnaun wurde ein neues Grundwasserpumpwerk gebaut, um die Trinkwasserquellen Cundeas ganz für die Beschneigung verwenden zu können. Vermuten lassen sich Nutzungsüberschneidungen auch in Sils, Silvaplana, St. Moritz und Zuoz.

Die Beschaffung von genügenden Wassermengen für die Beschneigung muss im Engadin schon heute als Nadelöhr für den Wintertourismus angesehen werden. Ein Bericht der Bergbahnen und des Amts für Wirtschaft und Tourismus der Kantons Graubünden zum Klimawandel empfiehlt, den Wintertourismus auf Gunstlagen zu konzentrieren und grossflächige Pistenkorrekturen zu minimieren (AWT 2013). Vor diesem Hintergrund muss abgewogen werden, welche Investitionen in die Beschneigungsinfrastruktur sich langfristig rechnen. Diese Frage stellt sich vor allem in tieferen Lagen und bei Talabfahrten.

Mögliche Konflikte

Die in diesem Kapitel dargelegten Fakten weisen darauf hin, dass in manchen Gemeinden einst für die Trinkwasserversorgung erschlossene Quellen heute ausschliesslich für die Beschneigung verwendet werden (siehe Beispiel Samnaun in Kapitel 5.1.3). Die Bevölkerung wird stattdessen mit Grundwasser beliefert, dessen relativ hohe Temperatur für die Beschneigung ungünstig ist. Grundsätzlich sollte die Trinkwasserversorgung im Wasserbereich erste Priorität haben und nicht durch Beschneigungsnutzungen konkurrenziert oder verdrängt werden. Grundwasser wird im stark genutzten Talgrund gefördert und ist dort oftmals grösseren Verschmutzungsrisiken ausgesetzt als Quellen an Berghängen oder in entlegenen Seitentälern. Neben einer reinen Mengenkonzurrenz sind also auch Qualitätsaspekte beim Trinkwasser zu berücksichtigen.

Die Erschliessung von Quellen und Bächen in und nahe den Skigebieten vermindert die in der Landschaft abfliessenden Wassermengen. Dieser Effekt ist ökologisch besonders bedeutsam, weil das Wasser in den abflussärmsten Monaten beansprucht wird. Bei den Entnahmebewilligungen schöpfen die Behörden in der Regel den gesetzlichen Spielraum aus, um möglichst grosse Entnahmen zu ermöglichen.

Durch die Entnahmen zugunsten der Beschneigung sind die natürlichen Abflüsse in den grossen Skigebieten bereits heute vermindert. Über konkrete Auswirkungen auf den ökologischen Zustand von Flora und Fauna der betroffenen Bäche ist bisher wenig bekannt. Auch über Konflikte mit der Fischerei wird kaum berichtet. Da beschneite Pisten zur Minimierung des Schneebedarfs häufig geplant werden, bestehen auch aus Sicht der Landschaftsökologie Bedenken. Es sei an dieser Stelle betont, dass diese Studie das Engadin allein aus Sicht der Wasserressourcen und der Gewässer beleuchtet. Landschaftsästhetische oder vegetationsökologische Aspekte, die bei der Beschneigung ebenfalls zu beachten sind, wurden nicht betrachtet.

Empfehlungen

Zu einer vorausschauenden Wasserbewirtschaftung gehören eine gegenseitige Abwägung der verschiedenen Nutzungsinteressen und eine langfristige Planung der nötigen Infrastruktur. Im Fall der noch relativ jungen Beschneigungsinfrastruktur, die bereits bestehenden gemeindlichen Wasserversorgungssystemen nachträglich und vielfach ad hoc hinzugefügt wurde, scheint dies nur unvollständig geschehen zu sein. Eine systematische Interessenabwägung, Integration und Optimierung der Nutzungen würde vermutlich zu anderen Lösungen

führen als heute implementiert. Eine solche integrierende Überprüfung der Wassernutzungen könnte die Lage für alle Nutzer verbessern. Ziel dabei muss es sein, die qualitativ besten und mengenmässig verlässlichsten Vorkommen für Trinkwasserzwecke vorzuhalten.

Wie auch bei anderen Wassernutzungen fehlt es bei der Beschneigung an Überblickswissen und öffentlichen Daten. Dies erschwert eine fundierte Auseinandersetzung mit der Thematik und behindert die Meinungsbildung in der Gemeinde. Um Nutzen und Kosten der Beschneigung bewerten zu können, sollten den Bürgern unter anderem Menge und Herkunft des eingesetzten Wassers bekannt sein. Geplante Erweiterungen des Wasserbezugs sollten öffentlich diskutiert werden, auch mit dem Ziel einer breiteren Abstützung solcher Projekte in der Gesellschaft.

Der Klimawandel verschlechtert die Bedingungen für den Wintersport allgemein, aber auch für die Beschneigung. Wegen der abnehmenden Zahl ausreichend kalter Nächte und Problemen mit der Bereitstellung ausreichender Wassermengen wird sich die Beschneigung zukünftig nur noch in höheren Lagen lohnen. Die Schneesicherheit von Talabfahrten wird vielerorts an technische und natürliche Grenzen stossen, schon in zwanzig Jahren könnten manche Infrastrukturen weitgehend nutzlos sein. Es scheint sinnvoll, die heute bereits gefassten Wasserressourcen prioritär auf höher gelegenen Pisten einzusetzen und so den Zusatzbedarf an Wasser zu reduzieren. So können Bäche von Entnahmen entlastet und Konkurrenzen mit der Trinkwasserversorgung vermieden werden.

Ein weiterer Ausbau der Beschneigung sollte sich auf strategisch wichtige, höher gelegene Bereiche konzentrieren. Das dafür zusätzlich benötigte Wasser sollte möglichst aus der Beschneigung tiefer gelegener Pisten abgezogen werden. Die Speicherung des sommerlichen Schmelzwassers ist sinnvoll, doch stösst der Bau von Speicherseen an finanzielle und landschaftsökologische Grenzen. In welchem Mass für die Wasserkraft gespeichertes Wasser für die Beschneigung in Frage kommt, ist wegen der Ausfallentschädigungen an die Kraftwerke in erster Linie eine Frage der Kosten.

Schliesslich widerspricht es der Kostengerechtigkeit, wenn gemeindliche Wasserversorgungsinfrastrukturen mit Steuergeldern ausgebaut werden, um die Bedürfnisse einer einzelnen Nutzergruppe zu erfüllen. Auch wenn die Beschneigung zum touristischen Erfolg und damit zum Wohlergehen einer Gemeinde beiträgt, sollte die Erschliessung und Verteilung des dafür benötigten Wassers von den Bergbahnen und nicht von der Allgemeinheit finanziert werden. Zumindest sollten im Sinne der Kostenwahrheit die Zusatzkosten für die Beschneigungsinfrastruktur separat ausgewiesen werden.

5.1.5 Mengenbewirtschaftung durch den Strassen- und Tunnelbau

Tunnel- und Stollenbauten für Strassen-, Eisenbahn- oder Wasserkraftprojekte wirken wie riesige Drainageröhren und bergen im Gebirge stets das Risiko, unterirdische Wasserressourcen aufzuschliessen und deren Abfluss zu verändern.

Abb. 15

Selbst bei Ausnutzung aller verfügbaren Wasserressourcen kann die künstliche Schneebereitung ausbleibenden Schneefall nicht ersetzen.

(Blick vom Lej da Champfèr auf den Munt San Murezzan (2 685 müM) und Pisten des Skigebiets Corviglia, 25.12.2015, Bildquelle: Eckhard Kammer)



In der Folge ist mitunter das Versiegen von Quellen und Bächen und sogar das Absinken von Seespiegeln (z.B. Flims Caumasee, Häuselmann et al. 2009) beobachtet worden. Ein prominenter Fall im Engadin ist ein Rechtsstreit zwischen der Gemeinde Sent und den Engadiner Kraftwerken (EKW) aus den 1960er Jahren, in dem Sent wegen des Versiegens von Trinkwasserquellen auf seinem Gemeindegebiet durch den Stollenbau Ova Spin-Pradella gegen die EKW klagte (Mauch 2004). Da Sent seine Trinkwasserversorgung auf andere Weise sichern musste (aus dem Val d'Uina), wurde das Elektrizitätsunternehmen verpflichtet, die Mehrkosten für dieses Projekt zu tragen. Eine Folge war, dass bei der nächsten Ausbaustufe Pradella-Martina die im Bereich des neuen Stollens liegenden Quellen intensiv überwacht wurden. Es zeigten sich aber keine Veränderungen, vermutlich weil die Quellen in stark von Moränen überdeckten Gebieten liegen, in denen nur wenig Versickerung in den Felsuntergrund stattfindet (Gilli 1992).

In jedem Fall müssen bei neuen Tunnel- oder Stollenprojekten die Folgen abgeschätzt werden bzw. muss man gewisse Änderungen der Hydrologie in der näheren Umgebung in Kauf nehmen. In der Regel werden die ökologischen Folgen (Versiegen von Bächen) und Nutzungseinschränkungen (Versiegen von Trinkwasserquellen) im Verhältnis zum Nutzen des Bauprojekts gering sein. Das Beispiel des Caumasees, der durch den Bau eines Umfahrungstunnels einen Teil seiner Zuflüsse einbüsste, zeigt aber, dass auch unerwartete, landschaftlich und touristisch einschneidende Folgen auftreten können.

5.1.6 **Mengenansprüche des Gewässerschutzes**

Verfassung, Gewässerschutzgesetz und Gewässerschutzverordnung enthalten eine Vielzahl von Vorgaben zur Mengenbewirtschaftung der Gewässer. Ziel ist einerseits die Erhaltung der Gewässer als Landschaftselemente und Lebensraum für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt, andererseits die Sicherung menschlicher Bedürfnisse (Gesundheit, Erholung, Bewässerung). Fließgewässern darf daher nur so viel Wasser entnommen werden, dass bestimmte Restwassermengen nicht unterschritten werden.

Restwassermengen bedeuten eine Einschränkung der potenziell nutzbaren Wasserkraft und sind ein zentraler Konfliktpunkt der Wasserpolitik in der Schweiz. Bei laufenden Konzessionen fordert das GSchG eine Sanierung nur so weit, dass keine Entschädigungsansprüche der Kraftwerke entstehen (Art. 80 Bst. 1 GSchG). Bei einer Neukonzessionierung dagegen können die Restwassermengen nach ökologischen Erfordernissen festgesetzt werden und sind dann entschädigungsfrei. Die Restwasserstrecken unter laufenden Konzessionen hätten durch die kantonalen Verwaltungen bis Ende 2012 saniert werden sollen. Dies ist trotz zwanzigjähriger Frist nur zur Hälfte erfolgt. Im Kanton Graubünden lagen im Januar 2015 für 132 von 224 Wasserkraftentnahmen noch keine Sanierungsverfügungen vor (ANU 2015c). Für die Entnahmen der EKW aus Clemgia und Vallember konnte im März 2015 einvernehmlich ein umweltverträglicheres Restwasserregime vereinbart werden (WWF 2015a, siehe Kapitel 5.1.1).

Die im neuen GSchG festgeschriebene schrittweise Sanierung der von übermässigen Schwall-Sunk-Schwankungen betroffenen Flussbereiche soll bis 2031 abgeschlossen sein (Art. 83a GSchG).

Seen

Auch das Wasser von Seen steht nicht beliebig zur Verfügung, denn es dürfen „keine Spiegelschwankungen auftreten, die zu Beeinträchtigungen im Uferbereich führen können“ (Art. 42, Abs. 1 GSchG). Gerade der Flachwasser- und Uferbereich, in dem sich viele Wasserlebewesen vermehren, reagiert sehr sensibel auf Pegelschwankungen. Da schon eine Absenkung um 10 cm einen erheblichen Eingriff darstellt, sind grössere Entnahmen aus den Engadiner Seen nicht möglich. Auch dürfen Strömung und Wasserschichtung in Seen durch Entnahmen nicht nachteilig verändert werden (Anhang 2, Ziffer 13, Abs. 3a GSchV).

Im Engadin wird Seewasser derzeit am Lej da Segl für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Maloja und am St. Moritzersee für die Wärmegewinnung entnommen (siehe Kapitel 5.2.6). Entnahmen bedürfen laut GSchG in jedem Fall einer Bewilligung, sind aber auch aus ästhetischen und touristischen Gründen kritisch zu sehen, gelten die Seen des Engadins doch als Juwelen und besonderer Reiz der Landschaft. Obwohl relativ grosse Wasserkörper, stehen sie daher nur sehr begrenzt für Wassernutzungen zur Verfügung.

Kleingewässer

Aus ökologischer Sicht sind auch Kleingewässer wie Tümpel und temporär überflutete Geländesenken zu erhalten, wie sie heute nur noch weit ab von Siedlungen und Landwirtschaftszonen anzutreffen sind. Lange Zeit wurden diese für Amphibien überlebenswichtigen Biotop als unproduktive Flächen wahrgenommen und im Zuge der von menschlichen Ansprüchen dominierten Landschaftsgestaltung beseitigt. Es ist aber gerade die saisonale Dynamik mit periodischer Vernässung und Austrocknung, auf die viele amphibische Lebewesen für ihr Überleben angewiesen sind. Von achtzehn Amphibienarten stehen in der Schweiz vierzehn auf der Roten Liste der gefährdeten Amphibien (BUWAL 2005).

Grundwasser

Schliesslich unterliegt auch das Grundwasser gesetzlichen Vorgaben für die Mengenbewirtschaftung. Vielfach speisen sich Moore, Feuchtgebiete und Quellbiotop direkt aus Grundwasser. Die Integrität dieser Lebensräume darf durch Grundwasserentnahmen nicht gefährdet werden. Generell soll langfristig einem Grundwasservorkommen nicht mehr Wasser entnommen werden als ihm natürlich zufliesst (Art. 43 GSchG). Für die Trinkwasserversorgung gelten Ausnahmen von dieser Regel: unabhängig von Restwassermengen und ökologischen Folgen dürfen dem Grundwasser bis zu 100 l/s und Quellen bis zu 80 l/s Trinkwasser entnommen werden (Art. 30 Bst. c GSchG). Nur zwei für die Trinkwasserversorgung genutzte Quellen im Engadin liefern mehr als 80 l/s, so dass für die grosse Mehrzahl der Quellfassungen keine Restwasserauflagen bestehen.

Synergien

Neben den eigentlichen mengenmässigen Zielen der Gewässerschutzgesetzgebung – Sanierung von Restwassermengen und Schwall-Sunk-Effekten – verändern auch Revitalisierungen nach GSchG das Abflussverhalten und damit den Mengenhaushalt von Fliessgewässern. In der Regel verlangsamt sich der Abfluss, das heisst nach einer Revitalisierung wird mehr Wasser in der Flusslandschaft zurückgehalten und gespeichert als vorher. Daraus entstehen Synergien mit der Flussökologie (grössere Strömungsvielfalt), aber auch mit dem Hochwasserschutz, da ein durch Revitalisierung erweiterter Flussraum bei Hochwasser mehr Rückhaltekapazität bereitstellt.

Durch die Umsetzung des GSchG entstehen zahlreiche Synergien mit anderen Wassernutzungen. Durch generelle höhere und gleichmässiger Wasserführung können sich höhere Grundwasserpegel einstellen, so dass grössere Grundwassermengen für die Trinkwasserversorgung oder Bewässerung zur Verfügung stehen. Auch die Fischerei und bestimmte Wassersportarten profitieren von höheren Abflüssen, und nicht zuletzt bringt mehr Wasser in den Fliessgewässern auch eine ästhetische Aufwertung mit sich.

Abb. 16

Längere Trockenheiten können sich im Engadin auch auf die von Quellen abhängige Trinkwasserversorgung auswirken.

(Ausgetrocknete Vegetation beim Lej Giazöl im Oktober 2015)

Bildquelle: Marie-Claire Jur, Engadiner Post)



5.1.7 Aussergewöhnliche Trockenheit Ein Exkurs

Längere Phasen ohne Niederschlag sind im Engadin keine Seltenheit, die lange Sonnenscheindauer ist ein wichtiges Argument der Tourismuswerbung. Ausbleibender Niederschlag bedeutet aber auch Trockenheit und verursacht relativ schnell Probleme für die Landwirtschaft (geringere Futtermengen). Im Hitzesommer 2003 und im Frühjahr 2011 herrschte ausgeprägter Wassermangel (Jur 2011).

Wenig bekannt ist, dass es in fernerer Vergangenheit in der Schweiz viel extremere Trockenperioden gab als die der vergangenen 15 Jahre. In einer Studie zu historischen Dürren im Schweizer Mittelland konnten in Dokumenten 24 Dürresommer im Zeitraum von 1500-1995 nachgewiesen werden (Pfister et al. 2000). Dreizehn Mal zog sich die Trockenheit über mehr als ein halbes Jahr hin, in den Jahren 1660-1662 folgten gar drei Trockenjahre in Folge. Dagegen gab es im gesamten 20. Jahrhundert keine schwerwiegende Dürre. Selbst das Jahr 1947, das vielen Älteren als Trockenjahr mit hohen Ernteverlusten in Erinnerung geblieben ist, war bei weitem nicht so gravierend wie die Trockenphasen der vorangegangenen Jahrhunderte.

Nichts spricht dagegen, dass sich solche Extremereignisse in unserer Zeit wiederholen können. Das Jahr 2003 gilt bereits als besonders trockenes Jahr und hat ein grosses Nachdenken über Anpassungen der Bewässerung ausgelöst. Tatsächlich war 2003 ein heisser Sommer, doch die Wasservorräte waren nach einem niederschlagsreichen Winter gut gefüllt, so dass immer noch Wasser für die Bewässerung vorhanden war. Wäre der Sommer 2003 einem sehr trockenen Frühjahr wie 2011 gefolgt, wäre eine Bewässerung aus den Bächen nicht im gewünschten Mass möglich gewesen.

Eine Kombination von Frühjahr 2011 und Sommer 2003 wäre ungünstiger als die meteorologische Konstellation, die 1947 gesamtschweizerisch einen

landwirtschaftlichen Einkommensrückgang um einen Sechstel verursachte (CHF 300 Mio.). Die relativ hohe Wahrscheinlichkeit einer länger anhaltenden Trockenperiode hat das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) dazu veranlasst, die Folgen eines solchen Witterungsverlaufs zu simulieren (Bundesamt für Bevölkerungsschutz 2013). Das BABS erwartet stark sinkende Pegel und höhere Temperaturen in Flüssen und Seen, eine deutliche Beeinträchtigung der aquatischen Ökosysteme und Fischsterben, Mangel an Bewässerungswasser und Ernteauffälle, Einbussen bei der Stromproduktion, Probleme mit der Trinkwasserversorgung, da die Quellen weniger schütten und auch die Grundwasserstände zurückgehen.

Die Rechnungen der WSL zur Veränderung des Wasserhaushalts im Engadin durch den Klimawandel geben keine konkreten Hinweise auf zunehmende Trockenperioden (Bernhard et al. 2015). Wie zahlreiche Beispiele aus dem 17. und 18. Jahrhundert zeigen, besteht das Risiko anhaltender Trockenheit aber auch ohne Klimawandel.

Empfehlungen

Es scheint angemessen, auch in der Schweiz für Situationen mit längerer Trockenheit Vorkehrungen zu treffen. Vorrangig sind dabei die Versorgung der Bevölkerung und die Bereitstellung von Löschwasser zu sichern. Aufgrund der grossen Bedeutung des besonders niederschlagsabhängigen Quellwassers könnte eine längere Trockenheit die verfügbaren Mengen deutlich einschränken. Vor diesem Hintergrund sollten die vorhandenen Speicherkapazitäten für Trinkwasser evaluiert und ggf. alternative Wasserverkommen verfügbar gemacht werden (Vernetzung mit anderen Gemeinden, Bezugsmöglichkeiten aus Speicherseen, Erschliessung von Grundwasser).

Eine besondere Bedeutung kommt bei längerer Trockenheit der Steuerung der Bewässerung zu. Die in einer solchen Situation stark steigende Nachfrage nach Bewässerungswasser kann nicht gedeckt werden, da die Bäche dann ohnehin unter Wassermangel und hohen Temperaturen leiden. Zwar können bei aussergewöhnlichen Trockenheiten zugunsten der Bewässerung Sonderentnahmen aus Bächen bewilligt werden, doch wäre der (subventionierte) Zukauf von Futtermitteln sinnvoller. So könnten Einkommensausfälle der Landwirte und zugleich eine schädliche Übernutzung der Fließgewässer verhindert werden. Der Kanton schätzt in seiner Klimastrategie das Risiko längerer Trockenphasen hoch ein, sieht aber spezielle Massnahmen derzeit weder für die Landwirtschaft noch für die Trinkwasserversorgung vor (ANU 2015a).

5.1.8 Fazit Mengenbewirtschaftung im Engadin

Der erste Augenschein des Engadins vermittelt einen grossen Reichtum, geradezu einen Überfluss von Wasser. Mangel, Engpässe oder Knappheit scheinen in weiter Ferne. Eine genaue Untersuchung zeigt eine komplexere Lage. Zum einen ist das Wasserdargebot im Vergleich zu anderen Alpenregionen deutlich geringer (siehe Kapitel 2), zum zweiten werden die Gewässer im Engadin intensiv genutzt. Ein weiteres Charakteristikum sind grosse saisonale Schwankungen sowohl im natürlichen Abfluss als auch in den Verbrauchsmustern.

Die Wassernutzung im Engadin ist derzeit geprägt von einem festen Vertrauen auf praktisch unbegrenzte Wasserverfügbarkeit. Verbräuche werden unvollständig erfasst, eine mengenmässige Abrechnung der Trinkwassernutzung ist die Ausnahme, einen Überblick über den Anteil verschiedener Nutzergruppen gibt es nur ansatzweise. Niemand weiss, wie viel Wasser er nutzt, niemand hat Anlass, sein Verhalten anzupassen. Auch über die im Sommer für die Wiesenbewässerung und im Winter für die Beschneigung eingesetzten Mengen sind keine verlässlichen Zahlen verfügbar.

Über Engpässe wird vor allem im Winter berichtet, wenn das niedrige Dargebot der Quellen mit dem zeitweise sehr hohen Gebrauch durch Feriengäste und Beschneigung zusammenfällt. Mehrere Gemeinden im Oberengadin haben auf die winterliche Knappheit mit der Erschliessung von Grundwasservorkommen reagiert und so bedeutende zusätzliche Wassermengen nutzbar gemacht. Auch diese Mengen sind allerdings begrenzt und müssen haushälterisch eingesetzt werden. Im Unterengadin lässt sich nur lokal auf Grundwasservorkommen zurückgreifen (Zernez, Scuol), weil es im Untergrund des engen Inntales an grösseren Talschotterbereichen fehlt.

Im Frühjahr und Sommer, wenn die in der Schneedecke kumulierten winterlichen Niederschläge schmelzen, stehen im langjährigen Durchschnitt grosse Wassermengen zur Verfügung. Der Wasserreichtum der Schneeschmelze geht im Juli zurück, die Abflüsse im August, September und Oktober sind stark vom sommerlichen Niederschlag abhängig. Mit dem Klimawandel wird erwartet, dass die Schneeschmelze geringere Wassermengen liefert und früher eintritt. Das Abflussmaximum wird sich um drei bis sechs Wochen ins Frühjahr verschieben, vor allem der Juli dürfte wesentlich trockener werden.

In normalen Sommern steht heute genügend Wasser für alle Nutzungen zur Verfügung. Davon zeugen zum Beispiel die in allen Engadiner Gemeinden unterhaltenen Laufbrunnen. Das Jahr 2003 und andere Trockenperioden der jüngeren Vergangenheit haben aber gezeigt, dass das Wasser auch im Sommer knapp werden kann. Davon sind einerseits die Trinkwasserquellen betroffen, andererseits die Bäche, deren Abfluss bei ausbleibenden Niederschlägen schnell zurückgeht.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im Engadin eine integrierte, vorausschauende Nutzung der Wasserressourcen noch wenig entwickelt ist. Ohne gesamthaften Überblick über Mengen und Nutzungen, ohne integrierte Planung der einzelnen Nutzungsarten, ohne Vorsorgemassnahmen für Trockenheit, ohne Verbrauchsmessungen ist eine sichere, effiziente und kostengünstige Wasserbewirtschaftung nur schwer möglich. Dies gilt in besonderem Mass für ein niederschlagsarmes, alpines Hochtal mit saisonal variabler Wasserverfügbarkeit. Im Gesamtbild zeigt sich eine zeitweise angespannte Wasserversorgungssituation, die angesichts des (zumindest in Durchschnittsjahren) komfortablen Dargebots unnötig und vermeidbar wäre.

Bisher wurde jeder zusätzliche Anspruch auf Wasser routinemässig durch die Erschliessung neuer Ressourcen gedeckt. Die einzelnen Wassernutzer konzentrieren sich dabei isoliert auf die Sicherung der eigenen Versorgung, Kooperation und Koordination sind die Ausnahme. Synergien zwischen verschiedenen Nutzungen oder Gemeinden werden so kaum ausgeschöpft, Effizienzpotenziale und Spareffekte bleiben ungenutzt.

Im Engadin sind gute und verlässliche Trinkwasserressourcen begrenzt, zusätzlich ist ihre Qualität durch Stoffeinträge verschiedenster Art gefährdet (siehe Kapitel 5.2). Siedlungswachstum und andere Flächennutzungen stellen die Integrität der Grundwasserschutzzone in Frage (siehe Kapitel 5.4). Die meisten Gemeinden könnten den Ausfall eines Grundwasserpumpwerks oder einer ergiebigen Quelle infolge längerer Trockenheit oder durch einen Unfall nicht aus eigenen Wasservorkommen kompensieren.

Jeder Gemeinde ist eine gesamthafte Überprüfung ihrer Wassersituation zu empfehlen, die wenn möglich auch die Nachbargemeinden einbezieht. Der Kanton mit seinen multiplen Zuständigkeiten für verschiedene Wassernutzungen scheint derzeit nicht in der Lage zu sein, eine solche integrale Planung bei den Gemeinden anzustossen. Der Impuls muss also von den Gemeinden selbst ausgehen, die in Graubünden eine im schweizerischen Vergleich aussergewöhnlich hohe Verfügungsgewalt über die Wasserressourcen auf ihrem Terrain besitzen. Diese Wasserautonomie erhöht aber nicht nur den Handlungsspielraum. Sie bedeutet auch, dass die Gemeinden volle Verantwortung für die Ressource Wasser und die von ihr abhängigen Nutzer und Gewässer tragen.

In Matrix A sind alle Aspekte der Mengenbewirtschaftung tabellarisch zusammengefasst.

Matrix A

Potenzielle Konflikte und Synergien bezüglich Mengenbewirtschaftung

Kapitel	Gesellschaftlicher Anspruch	Wirkt auf ... Wasserkraft	Landwirtschaft	Trinkwasser- versorgung	Beschneigung	Tunnel- und Stollenbau	Gewässerschutz
5.1.1	Wasserkraft		1	2	3	neutral	4
5.1.2	Landwirtschaft	neutral		5	6	neutral	7
5.1.3	Trinkwasserversorgung	neutral	8		9	neutral	10
5.1.4	Beschneigung	11	12	13		neutral	14
5.1.5	Tunnel- und Stollenbau	neutral	15	16	17		18
5.1.6	Gewässerschutz	19,20	21	22	23	neutral	

- Konflikt**
- Potenzieller Konflikt**
- Synergie**
- Synergie und Konflikt**

- 1 **Landwirte könnten Wasserkraftwasser für die Bewässerung nutzen**
- 2 **Stollenbau kann zum Versiegen von Quellen führen** z.B. Sent
- 3 **Bergbahnen können von Wasserkraftwerken Beschneungswasser beziehen**
– aber auch Konflikt um die Nutzung der gleichen Gewässer möglich
- 4 **Restwassermengen und Schwall-Sunk-Effekt stehen in Konflikt mit der Gewässerökologie**
- 5 **Direkte Konkurrenz um die gleiche Ressource** Bachwasser, Trinkwasser
- 6 **Direkte Konkurrenz um Ressource, wenn im Sommer Bewässerungswasser aus Bächen entnommen wird, die auch Beschneungsteiche füllen sollen**
- 7 **Drainagen beschleunigen den Abfluss und legen die Landschaft trocken**
- 8 **Direkte Konkurrenz um Wassernutzung** Trinkwasser
- 9 **Direkte Konkurrenz um die gleiche Ressource** Quellwasser, Trinkwasser
- 10 **Verlust von Restwasser durch die Nutzung von Quellen** keine Restwasservorschriften bei Entnahmen bis 80 l/s
- 11 **Beschneigung kann Wasserressourcen beanspruchen, die für Wasserkraft genutzt werden**
– aber auch kombinierte Anlagen möglich z.B. Samnaun
- 12 **Direkte Konkurrenz um Ressource** Bäche, wenn Beschneungsteiche gefüllt werden sollen, während die Landwirte bewässern wollen
- 13 **Direkte Konkurrenz um die gleiche Ressource** Quellwasser, Beschneigung mit Trinkwasser
- 14 **Direkter Konflikt um Ressource** Restwassermengen
- 15 **Konflikt möglich, wenn Tunnelbauten den Abfluss von Bächen vermindern, die für die Bewässerung genutzt werden**
- 16 **Konflikt möglich, wenn Tunnelbauten den Abfluss von Trinkwasserquellen vermindern**
- 17 **Konflikt theoretisch möglich, wenn Tunnelbauten den Abfluss von Bächen oder Quellen beeinträchtigen, die für die Beschneigung genutzt werden**
- 18 **Konflikt möglich, wenn Tunnelbauten den Abfluss von Bächen vermindern und so deren Ökologie beeinträchtigen**
- 19 **In revitalisierten Bereichen ist die Nutzung von Wasserkraft eingeschränkt**
- 20 **Restwasseranspruch mindert die Wasserkraftnutzung**
- 21 **Restwasseranspruch begrenzt die verfügbare Bewässerungsmenge**
– dagegen erhöhen Revitalisierungen den Grundwasserstand und damit die für die Bewässerung verfügbaren Mengen
- 22 **Revitalisierungen können zu Beeinträchtigungen flussnaher Grundwasserfassungen führen** nicht im Engadin
– dagegen erhöht eine Revitalisierung generell die verfügbare Grundwassermenge
- 23 **Restwasseranspruch mindert die für die Beschneigung nutzbaren Mengen** Bäche, Quellen

Qualitätsziele in der Gewässerschutzverordnung Oberirdische Gewässer

Ziele sind naturnahe, standortgerechte Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen mit typischen Arten, auch sollen die Gewässer als Laichgewässer geeignet sein. Als naturnahe Temperatur gilt eine Abweichung von maximal $\pm 3^\circ\text{C}$. Weder im Wasser noch den Schwebstoffen und Sedimenten dürfen künstliche, langlebige Stoffe enthalten sein. Eine stoffliche Verunreinigung durch menschliche Tätigkeiten soll ausgeschlossen, der Sauerstoffgehalt nicht nachteilig verändert sein.

Unterirdische Gewässer

Grundwasser und Quellen

Ziele sind naturnahe und standortgerechte Biozönosen. Grundwasser soll eine naturnahe Temperatur aufweisen (maximal $\pm 3^\circ\text{C}$). Künstliche, langlebige Stoffe und sonstige Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, sollen nicht im Grundwasser vorhanden sein. Das betrifft insbesondere organische Mikroverunreinigungen. Nachteilige Auswirkungen auf die Nutzung des Grundwassers sollen ausgeschlossen sein. Grundwasser darf bei der Exfiltration an die Oberfläche andere Gewässer nicht verunreinigen.

Trinkwasservorkommen

GSchV, Anhang 2, 22

„Die Wasserqualität muss so beschaffen sein, dass das Wasser nach Anwendung einfacher Aufbereitungsverfahren die Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung einhält.“ Massgeblich hierfür ist die Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV). Für Quellwasser, das in der Regel nicht aufbereitet wird, gilt zusätzlich die Anforderung der Hygieneverordnung (HyV), dass keine Fäkalbakterien wie *Escherichia coli* oder Enterokokken nachweisbar sein dürfen.

5.2 Stoffeinträge und Wasserqualität

Die Nutzung von Wasser hängt nicht nur von der Verfügbarkeit ausreichender Mengen ab, sondern auch von seiner Qualität. Dies gilt in erster Linie für die Verwendung als Trinkwasser, aber auch die Bewässerung und viele industrielle Prozesse sind auf eine hohe Qualität und die Abwesenheit von Schadstoffen angewiesen. Wassernutzungskonflikte können daher auch aus Qualitätsproblemen entstehen, wenn eine Nutzung die Qualität eines Wasservorkommens so sehr beeinträchtigt, dass andere Nutzungen ausgeschlossen sind.

Um dieses qualitätsbedingte Konfliktpotenzial auszuleuchten, werden in diesem Kapitel zunächst die gesellschaftlichen Anforderungen an die Wasserqualität erörtert. Im Anschluss werden die wichtigsten Aktivitäten dargelegt, die eine Minderung der Wasserqualität und unerwünschte Auswirkungen für andere Nutzungen nach sich ziehen können. Neben rein stofflichen Aspekten (also der chemischen Qualität) werden auch der Eintrag und der Entzug thermischer Energie berücksichtigt.

5.2.1 Anforderungen an die Qualität der Gewässer

Die Anforderungen an die chemische und biologische Qualität der Gewässer sind in Gewässerschutzgesetz (GSchG) und Gewässerschutzverordnung (GSchV) festgelegt (siehe Randspalte). Zu unterscheiden sind die generellen ökologischen Zielsetzungen zum Schutz standortgerechter biologischer Vielfalt, die Anforderungen an Vorkommen, die der Trinkwasserversorgung dienen und das übergeordnete Ziel, die Verunreinigung von Gewässern durch menschliche Aktivitäten generell zu vermeiden.

Trinkwasser

Trinkwasservorkommen im Untergrund, also Quellen und Grundwasser, gleich ob bereits genutzt oder für eine spätere Nutzung vorgesehen, sind durch Anhang 2, 22 der GSchV besonders geschützt und an die Qualitätsanforderungen für Trinkwasser gekoppelt (siehe Randspalte). Bestimmte Höchstkonzentrationen dürfen nicht überschritten werden, namentlich 40 mg/l Nitrat und 0.1 µg/l für Pestizidwirkstoffe sowie deren Abbau- und Reaktionsprodukte. Für genotoxische Substanzen im Trinkwasser hat das Bundesamt für Gesundheit (BAG) 2012 einen Vorsorgewert von ebenfalls 0.1 µg/l festgelegt. Im Engadin werden diese Höchstwerte höchstens bei Unfällen oder Havarien oder infolge von Altlasten überschritten. Relevanter sind die mikrobiologischen Parameter, also bakterielle Belastungen des Wassers. Quellen, die von menschlichen Aktivitäten in ihrer Umgebung beeinflusst werden können, müssen durch Schutzzonen von negativen Einflüssen abgeschirmt werden. Sind trotzdem mikrobiologische Belastungen nachweisbar, ist eine Desinfektion des Wassers unumgänglich.

Mögliche Konflikte

Die über Jahrzehnte austarierten und demokratisch optimierten qualitativen Zielsetzungen für Wasser und Gewässer können in bestimmten Fällen Einschränkungen anderer menschlicher Aktivitäten nach sich ziehen. Dies gilt insbesondere für die landwirtschaftliche Nutzung an Gewässern und in Schutzzonen um Grundwasserfassungen und Quellen. Sie sind aber keine

willkürlichen bürokratischen Hindernisse, sondern dienen dem Erhalt natürlicher Lebensräume in den Gewässern und dem Schutz des Trinkwassers. Allerdings hinkt der Schutz der Trinkwasservorkommen hinter den gesetzlichen Vorgaben her, ein Teil der nötigen Schutzzonen ist noch nicht rechtskräftig.

5.2.2 Stoffeinträge aus Siedlungen

Siedlungen sind als Quelle von Schadstoffen ein wichtiger Faktor für die Gewässerqualität. Während das Gros der Stoffeinträge über die Kläranlagen erfasst wird, können im Siedlungsgebiet eingesetzte Chemikalien auch auf anderem Weg in die Gewässer gelangen. Drei Eintragspfade sind für solche Direkteinträge wesentlich. Wenn in Siedlungsgebieten, die über eine Mischkanalisation entwässert werden (schweizweit 70% der Siedlungsfläche), bei starkem Regen das Kanalsystem die Regenmengen nicht fassen kann, gelangt ein Teil des Abwassers ungereinigt in die Flüsse (Mischwasserentlastung). Wo Regenwasser über ein separates Kanalsystem gesammelt wird (schweizweit 30% der Siedlungsfläche), können Chemikalien mit der Regenwassereinleitung in die Oberflächengewässer gelangen. Drittens können in Siedlungsgebieten diffus eingetragene Chemikalien auch direkt ins Grundwasser versickern, nach Abschätzungen der Kantone ist dies für 10% der eingesetzten Stoffmenge der Fall (SVGW 2012). Auch undichte Kanalisationen tragen zur Belastung des Grundwassers bei.

Vielfalt von Schadstoffen

Ein grosser Teil der in Siedlungen eingesetzten Stoffe wird in der Kläranlage, aber auch im Boden rasch abgebaut. Einzelne Substanzen aber widersetzen sich natürlichen Abbauprozessen und können lange Zeit in den Gewässern verbleiben. Solche langlebigen (persistenten) Schadstoffe stammen nicht nur aus gewerblichen und industriellen Einleitungen, sondern auch aus Anwendungen in den Haushalten. Sie rühren von alltäglichen Verrichtungen her, sind Bestandteile von Konsumprodukten, Reinigungs- und Körperpflegemitteln und Arzneimitteln und können sogar in Nahrungsmitteln enthalten sein. Eine wichtige Quelle für direkte Einträge in die Gewässer (ohne den Umweg über Kläranlagen) sind Baustoffe, etwa Farben und Dichtmassen oder Fassadenbeschichtungen, die gezielt im Aussenbereich eingesetzt werden (z.B. mehrere hundert zugelassene Biozide) (BAG 2013) und vom Regen ausgewaschen werden. Schätzungen zufolge befinden sich in der Schweiz etwa 30 000 verschiedene Substanzen in der täglichen Anwendung (Beer 2011). Von Strassen und Plätzen gelangt mit dem Regen Reifen-, Kupplungs- und Bremsabrieb in die Kanalisation oder in Böden und nahe gelegene Gewässer.

Die Abwasserinfrastruktur des Engadins

Eine besondere Rolle beim Umgang mit Abwasser im Engadin spielt naturgemäss der Tourismus. Durch die sehr unregelmässige Belegung von Hotels und Zweitwohnungen kann sich der Abwasseranfall in der Hochsaison in nert Stunden vervielfachen und ebenso schnell wieder zurückgehen. Diese abrupten Fluktuationen sind mit dem herkömmlichen System von Abwasser-sammlung und ARA nicht befriedigend zu bewältigen, da sich insbesondere die Biologie der Kläranlagen nicht schnell genug adaptieren kann.

Dass der Inn trotzdem nicht unter temporären Abwasserüberlastungen leidet, ist einer zentralen Weiterleitung der behandelten Abwässer über einen Ableitungskanal von St. Moritz talabwärts bis S-chanf zu verdanken, die seit 2009 in Betrieb ist. An der Fassung der Engadiner Kraftwerke bei S-chanf wird das gereinigte Abwasser dann mit dem gefassten Innwasser vereinigt und durch einen Stollen bis zum Spöl-Stausee Ova Spin geführt (Abb. 17). Erst nach Durchfließen der Wasserkraftkaskade über Pradella bis Martina gelangt dieses Wasser an der Landesgrenze zurück in den Inn (Deplazes et al. 2012).

Abb. 17

Abwasserorganisation im Oberengadin: ein Ableitungskanal führt die gereinigten Abwässer von St. Moritz, Celerina, Pontresina, Samedan, Bever, La Punt Chamues-ch, Madulain, Zuoz und S-chanf in die Wasserfassung der EKW in S-chanf, von wo sie ins Ausgleichsbecken Ova Spin gelangen. Nach der Turbinierung werden sie in starker Verdünnung unterhalb von Martina in den Inn zurückgeleitet.

(eigene Darstellung, reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA 160003) Daten: WASTA, ANU, WWF)



Auf diese Weise vermeiden die grossen Tourismusorte St. Moritz, Celerina und Pontresina sowie die Unterliegergemeinden von Samedan bis S-chanf die direkte Einleitung von Abwasser in den Inn. Noch fehlt das Herzstück des Projekts, eine neue Kläranlage in S-chanf, die das vorgereinigte Abwasser nach dem heutigen Stand der Technik behandelt, bevor es nach Ova Spin gelangt. Diese soll voraussichtlich 2020 in Betrieb gehen.

Aus Sicht der Gewässer weniger optimal ist die Situation flussaufwärts von St. Moritz, wo Kläranlagen in Maloja und Silvaplana (für Sils und Silvaplana) in Betrieb sind. Das von der ARA Maloja gereinigte Abwasser gelangt in den Lej da Segl, aus dem die Gemeinde Maloja auch ihr Trinkwasser gewinnt. Diese unbefriedigende Situation soll im Jahr 2019 enden, wenn das Abwasser von Maloja ins Bergell geleitet und in einer modernen neuen Kläranlage in Stampa gereinigt werden soll (Kanton Graubünden 2013b).

Die gereinigten Abwässer von Sils i.E. und Silvaplana gelangen derzeit in den Lej da Champfèr. Dabei werden die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten, auch was das für Seen besonders kritische Phosphat angeht (Deplazes et al. 2012). Zwar wird aus dem Lej da Champfèr kein Trinkwasser gewonnen, aus ökologischen Gründen wäre aber ein abwasserfreier See besonders im Winter (wenn der Durchfluss bis auf 2 m³/s zurückgehen kann) wünschenswert. Einstweilen ist keine Änderung der Situation geplant, der neue Ableitungskanal nach S-chanf ist aber vorsorglich so ausgelegt, dass er auch das Abwasser der ARA Silvaplana fassen könnte (Depazes et al. 2012).

Im Unterengadin wurde die Zusammenlegung mehrerer Gemeindeklärwerke ebenfalls geprüft (Lavin, Garsun, Guarda, Ardez), aus technischen und Kostengründen aber verworfen (Quirin 2013). Dagegen führen die Gemeinden Sent, Tarasp und Scuol ihre Abwässer seit Jahren in der ARA Sotruinas zusammen. Die Fraktion S-charl verfügt erst seit 2011 über eine eigene Kläranlage mit Ablauf in die Clemgia. Die anderen Gemeinden betreiben teils mehrere eigene Klärwerke (Zernez 3, Ftan 1, Valsot 4) die direkt in den Inn entwässern. Die Abwässer der ARA Samnaun gelangen zunächst in den Schergenbach.

Mögliche Konflikte

Anders als in dicht besiedelten Gebieten der Schweiz, wo mitunter die Abwässer einer Oberliegergemeinde die Trinkwassergewinnung der unterliegenden negativ beeinflussen können (Auckenthaler 2012), ist ein solcher Konflikt im Engadin bisher nicht belegt. Denkbar wäre eine solche Situation allenfalls im Oberengadin, wenn Abwasserinhaltsstoffe aus dem Lej da Champfèr in die unmittelbar angrenzenden Grundwasserleiter gelangen würden, aus denen Silvaplana und St. Moritz Trinkwasser fördern. Alle anderen Trinkwasserfassungen, sowohl im Grundwasser als auch aus Hangquellen, befinden sich fern von Siedlungen und sollten vor jedem Abwassereinfluss geschützt sein. Grosse Sorgfalt ist indessen bei Gebäuden ausserhalb der Bauzonen wie Bauernhöfen, Ausflugsrestaurants oder Bergbahnen nötig, um das dort anfallende Abwasser zuverlässig von den Trinkwasserquellen fernzuhalten. Insgesamt befindet sich das Engadin mit seinen naturräumlichen Voraussetzungen hoch gelegener Trinkwasserquellen in einer privilegierten Gunstsituation in Bezug auf die Wasserqualität.

Konflikte mit der Ökologie der Gewässer sind im Oberengadin durch die vorbildliche Abwasserorganisation und im Unterengadin durch die geringe Siedlungsdichte nur bei extremen Regenereignissen oder katastrophalen Überflutungen von Kläranlagen denkbar. Bei normalem Funktionieren der Kläranlagen sollten die gereinigten Abwässer der Gemeinden keine Beeinträchtigung des Inns nach sich ziehen. Für das Oberengadin ist zu bedenken, dass heute zeitweise unzureichend geklärtes Abwasser mit dem energetisch genutzten Wasser unterhalb Martina in den Inn und damit zu den Unterliegern in Österreich gelangt. Da bei Pumpspeicherbetrieb Wasser aus dem Speicher Ova Spin auch in den Lago di Livigno gepumpt wird, gelangt ein kleiner Teil der Abwasserfracht von dort auch nach Italien. Die für 2020 geplante Inbetriebnahme einer modernen ARA in S-chanf wird diese Situation bereinigen.

Empfehlungen

Neben einer möglichst raschen Verwirklichung der geplanten zentralen Grosskläranlage in S-chanf wäre mittelfristig auch der Anschluss der Gemeinden Sils und Silvaplana, deren gereinigtes Abwasser heute in den Lej da Champfèr fliesst, an den Ableitungskanal nach S-chanf sinnvoll. Auch die Entlastung des Lej da Segl von den (gereinigten) Abwässern Malojas sollte fristgerecht im Jahr 2019 erfolgen. Generell ist es wichtig, die Dichtheit der Kanalisationen zu gewährleisten, um Stoffeinträge in das Grundwasser zu vermeiden, aus dem viele Gemeinden ihr Trinkwasser gewinnen.

5.2.3 Stoffeinträge aus der Landwirtschaft

In der landwirtschaftlichen Produktion werden Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel (PSM) und Pharmazeutika (in der Tierhaltung) eingesetzt, die zu vielfältigen Belastungen der Gewässer führen können. Für Seen ist wegen des langsamen Wasseraustauschs der Eintrag von Phosphat bedeutsam, da dieser rasch zur Überdüngung (Eutrophierung) führt. Fliessgewässer werden sowohl durch Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor) wie Pestizidwirkstoffe beeinflusst. Auch wenn nur 0.01 bis 1% der in der Landwirtschaft eingesetzten Chemikalien in Oberflächengewässer eingetragen werden, können sich doch ökotoxikologisch kritische Konzentrationen aufbauen.

Für das Grundwasser sind neben Nährstoffen und PSM auch pathogene Keime aus Tierhaltung und Beweidung relevant. Sie können vor allem in wenig geschützte Quellen einsickern und zu einer unmittelbaren Belastung des Trinkwassers führen. Im Unterschied zum Mittelland und anderen agrarisch intensiv genutzten Landschaften ist im Engadin die direkte Beeinflussung von Quellen durch die Beweidung ein weit wichtigerer Faktor als der Eintrag von PSM oder Nitrat. Punktuell müssen aber auch solche Einflüsse berücksichtigt werden, etwa bei Gärtnereien.

Ob und in welchem Ausmass die landwirtschaftliche Nutzung Gewässer beeinträchtigt, hängt in erster Linie von der Art und Intensität der Bewirtschaftung ab. Vorsichtsmassnahmen entlang Fluss- und Seeufern und in der Umgebung von Quellen und Grundwasserfassungen sind für die Landwirte seit langem verpflichtend. Mit der im neuen Gewässerschutzgesetz vorgeschriebenen noch etwas schonenderen Bewirtschaftung der Gewässerräume entlang der Fliessgewässer dürfte sich der Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenbehandlungsmitteln in die Umwelt weiter verringern.

Mögliche Konflikte

Eine hohe Wasserqualität ist sowohl für das Leben in den Gewässern als auch für die Gewinnung von Trinkwasser wesentlich. In beiden Bereichen hat die intensive Landwirtschaft grosse Belastungen verursacht, die zum Teil für Jahrzehnte nachwirken (z.B. Eutrophierung von Mittellandseen). Im Engadin ist es aufgrund der wenig intensiven Bewirtschaftung bei punktuellen Problemen geblieben.

Empfehlungen

Aus ökologischer Sicht ist gleichwohl weiterhin zu beachten, dass besonders die Seen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Nähr- und Schadstoffeinträgen aufweisen. Sie regenerieren sich wegen des langsamen Wasseraustauschs (z.B. Silsersee über zwei Jahre) (Ribi et al. 2005) nur sehr langsam. Höhere Ansprüche an die Landwirtschaft stellen sich auch im Bereich des Quellenschutzes. Befinden sich Quellen im Weidegebiet, ist deren Einzugsbereich zuverlässig von Vieh und der Ausbringung von Jauche freizuhalten. Die zugehörigen Schutzzonen sind noch nicht überall ausgewiesen, so dass fortgesetzt eine Gefährdung der Trinkwasserqualität und der Gesundheit der Bevölkerung durch Keime besteht. Dieser Konflikt scheint vielerorts noch nicht ausreichend gelöst zu sein. So gibt die Gemeinde Ftan an, dass 50% der in der Gemeinde genutzten Quellkapazitäten durch die Ausbringung von Jauche gefährdet seien (eigene Umfrage 2015).

5.2.4 Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe

Wasser ist für Industrie und Gewerbe nicht nur ein wichtiger Produktionsfaktor, sondern wird auch für den Abtransport von Produktionsabfällen gezielt eingesetzt. Daher fallen in der Industrie auch heute noch grosse Mengen Abwassers an. Für die Einleitung von Industrieabwasser in Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation gelten die Anforderungen in Anhang 3.2 GSchV, Ziffer 2 **Allgemeine Anforderungen** und Ziffer 3 **Besondere Anforderungen für bestimmte Stoffe aus bestimmten Branchen**. Industrie- und Gewerbebetriebe müssen unter anderem sicherstellen, dass

- so wenig abzuleitendes Abwasser anfällt und so wenig Stoffe, die Gewässer verunreinigen können, abgeleitet werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist;
- nicht verschmutztes Abwasser und Kühlwasser getrennt von verschmutztem Abwasser anfällt;
- verschmutztes Abwasser weder verdünnt noch mit anderem Abwasser vermischt wird, um die Anforderungen einzuhalten.

Die industrielle Tätigkeit im Engadin ist auf wenige Betriebe beschränkt, alles Abwasser gelangt in die öffentliche Kanalisation und wird in kommunalen Kläranlagen behandelt. Solange dieses System einwandfrei funktioniert (dichte Ableitungen und Abwasserkanäle), ist der Eintrag in die Umwelt gering. Auch beim Umladen, bei der Reinigung von Hofflächen oder durch Ausgasung können Chemikalien in die Umwelt gelangen. Gerade dort, wo wassergefährdende Stoffe eingesetzt werden, ist grösste Sorgfalt nötig.

Mögliche Konflikte

Aufgrund der geringen industriell-gewerblichen Tätigkeiten im Engadin dürfte die Hauptgefahr in Starkregenereignissen bestehen, wenn die Mischwasserkanalisation (siehe Abschnitt 5.3.2) nicht mehr alles Wasser fassen kann und ungereinigtes Abwasser direkt in den Inn gelangt. Schäden an der Flussökologie sind dann nicht ausgeschlossen. Da aber in der Regel bei Starkregen auch grosse Wassermengen in den Flüssen abfliessen, erreichen die Schadstoffkonzentrationen im Normalfall keine kritischen Werte.

Auch Sicht des Trinkwasserschutzes sind vor allem grössere Überschwemmungen kritisch, bei denen Grundwasserschutzzonen überflutet werden. Auf diesem Weg können potenziell auch industrielle Chemikalien (z.B. Reinigungsmittel aus milchverarbeitenden Betrieben), die über Mischwasserentlastungen in den Inn gelangen, in die Trinkwasservorkommen einsickern. Keine Gefährdung durch industrielle Anlagen besteht für die Trinkwasserversorgung aus Quellen, eine gegenüber dem Mittelland, wo eine Versorgung mit Grundwasser aus Tallagen dominiert, kaum zu überschätzende Gunstsituation.

5.2.5 Stoffeinträge durch den Tourismus

Skigebiete

Im Vergleich zu anderen Bergregionen werden die Ski- und Ausflugsareale der wichtigen Tourismusdestinationen ausserordentlich intensiv genutzt. Besonders im Winter bestehen durch den grossflächigen Einsatz von motorisierten Pistenfahrzeugen und Beschneigungsanlagen im freien Gelände nicht zu unterschätzende Verschmutzungsrisiken, etwa durch Treibstoffe und Hydrauliköle. Auch wenn biologisch überwiegend abbaubare Öle zum Einsatz kommen, muss doch bedacht werden, dass mit steigender Meereshöhe die Fähigkeit der natürlichen Systeme zur Selbstreinigung abnimmt. Die Risiken sind vor allem deswegen erheblich, weil sich Trinkwasserfassungen häufig inmitten oder unterhalb der bearbeiteten Pisten befinden. Ein wichtiger Schritt ist, dass schon bei der Ausbildung von Pistenfahrzeug-Führern eine rasche Reaktion auf einen Ölverlust verlangt wird (Seilbahnen Schweiz 2013).

Die Verwendung von chemischen oder biologischen Zusätzen bei der Beschneigung sei hier ausser Acht gelassen. Sollte eine solche Praxis angesichts ungenügend tiefer Temperaturen breitere Verwendung finden, wäre dies unabhängig von der Toxizität der eingesetzten Stoffe ein ernsthafter, sowohl für die Gewässerökologie als auch die Trinkwasserversorgung bedenklicher Eingriff. In der Schweiz erlaubt das BAFU den Einsatz von getrockneten Bakterien (*Pseudomonas syringae*), um auch bei höheren Temperaturen beschneien zu können (Buwal 2003). In Österreich muss dagegen der Einsatz von Zusatzstoffen für die Beschneigung für jeden Einzelfall ein wasserrechtliches Bewilligungsverfahren durchlaufen (Ferenci 2015).

Golfplätze

Der Betrieb von Golfplätzen kann wegen des Unterhalts der speziell präparierten Rasenflächen mit erheblichen Stoffeinträgen durch Düngemittel, Herbizide, Insektizide und Fungizide verbunden sein. Der Einsatz von Herbiziden lässt sich aber zum Beispiel durch mechanische Bearbeitung deutlich herabsetzen. Von der Golf Environment Organization (GEO) zertifizierte Golfanlagen sind zu hohen Standards auch im Hinblick auf den Einsatz wassergefährdender Praktiken verpflichtet.

Der Golfplatz Samedan des Engadine Golf Clubs ist aus Gewässersicht eine Besonderheit, befindet er sich doch über einem für die Trinkwassergewinnung wichtigen Grundwasservorkommen. Die Fassung mit der gesamten Schutzzone S3 befindet sich im Areal des Golfplatzes (siehe Abb. 18). Dies

bringt eine hohe Verantwortung bei der Bewirtschaftung des Geländes mit sich, um Einträge von Schadstoffen in das darunterliegende Trinkwasser zu vermeiden. Eine Zertifizierung durch die GEO ist allerdings noch nicht erfolgt (GEO 2015). Wegen der Schadstoffproblematik verbietet es sich eigentlich, Trinkwasserfassungen im Bereich eines Golfplatzes anzulegen. Dass in Samedan dennoch so verfahren wurde, ist auch ein Zeichen für eine zunehmende Knappheit nutzbarer Grundwasservorkommen im Oberengadin.

5.2.6 Thermische Nutzung von Gewässern

a) Kühlwassernutzung

Der Klimawandel wird voraussichtlich die Temperaturen und damit den Bedarf nach Gebäudekühlung im Sommer erhöhen. In der Schweiz gibt es bereits heute eine starke Tendenz, Kühlwasser aus Grundwasservorkommen zu entnehmen, da deren Temperatur auch im Sommer konstant niedrig bleibt (Freiburghaus 2009). Auch gibt es Pläne, die grossen Seen zur Kühlung zu nutzen (Flütsch 2013). Dass dies auch im hoch gelegenen Engadin eine Rolle spielen wird, ist derzeit nicht abzusehen.

b) Wärmenutzung von Grundwasservorkommen

Während Grundwasser im Sommer Kühlung verspricht, ist es mit seiner ganzjährig fast konstanten Temperatur im Winter eine potenzielle Wärmequelle für die Gebäudeheizung. Als klimaneutrale Energiegewinnung wurde sie lange Zeit als CO₂-freie Energie von den Kantonen forciert. Um die Wärme dem Grundwasser zu entziehen, muss das Wasser über eine Bohrung dem Grundwasserleiter entnommen, mit Wärmetauschern abgekühlt und über eine zweite Bohrung im Abstrom ins Grundwasser zurückgeleitet werden.

Diese direkten Eingriffe gefährden die Qualität des Grundwassers, da die schützenden Deckschichten durchstossen werden. Die Grundwasserwärmenutzung ist daher in der weiteren Umgebung von Trinkwasserfassungen nicht zulässig. Umgekehrt werden thermisch intensiv genutzte Grundwasserleiter wegen des Verschmutzungspotenzials als ungeeignet für die Trinkwasserversorgung erachtet. Es besteht daher bei Grundwasser eine direkte Konkurrenz zwischen Trinkwassergewinnung und Wärmeentnahme.

Mögliche Konflikte

Im Engadin ist die Grundwasserwärmenutzung wenig verbreitet. Im Oberengadin gibt es 34 Anlagen (18 allein in Samedan), im Unterengadin wegen kleiner Grundwasservorkommen nur 10, wobei einige Quellwasser statt echtes Grundwasser nutzen. Zum Vergleich gibt es hunderte Erdwärmeanlagen.

Empfehlungen

Ein weiterer Ausbau der Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle ist nicht zu empfehlen. Gerade im Oberengadin haben die Gemeinden zur Deckung der Trinkwasserverbrauchsspitzen keine Alternative zu Grundwasser. So attraktiv und kostengünstig es als Wärmequelle auch sein mag, seine Nutzbarkeit als Trinkwasser darf durch Grundwasserwärmepumpen keinesfalls

Abb. 18

Das Grundwasserpumpwerk Samedan weisser Kreis liegt inmitten des Golfplatzes, wegen der dort verwendeten Agrarchemikalien ein höchst ungünstiger Standort, auch wenn die Pumpen in grosser Tiefe (78 Meter) Wasser fördern

(Bildquelle: Schweizer Luftwaffe 2010)



gefährdet werden. Die meisten Kantone bewilligen die Nutzung von Grundwasser für Heizzwecke mittlerweile nur noch sehr eingeschränkt, und dies ist angesichts der begrenzten Trinkwasserressourcen auch für das Engadin eine sinnvolle Praxis.

c) **Wärmenutzung von Seen**

Auch mit Seewasserwärme lassen sich Gebäude über Fernwärmenetze heizen. Die potenziell in grossen Seen enthaltenen Wärmemengen sind in der Tat erheblich. Sollten die Erfahrungen mit bestehenden Systemen zeigen, dass sich die in Seewasser gebundene Wärme ohne schädliche ökologische oder hydrologische Nebenwirkungen entziehen lässt, zeichnet sich mittelfristig eine weitere gesellschaftlich bedeutende Wassernutzung ab. Seen sind aber schon heute Gegenstand vielfältiger Nutzungen und Ansprüche, so dass ein hoher Koordinationsbedarf besteht.

Im Engadin werden dem St. Moritzersee seit 2010 im Winter grössere Wärmemengen zu Heizzwecken entzogen. Eine vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich betriebene Wärmepumpenanlage entnimmt am Seeufer Wasser von 4°C und speist es nach dem Entzug von Wärme mit 1°C in 35 Meter Tiefe am Seegrund zurück. So werden gut ein Megawatt Heizenergie für das Badrutt's Palace Hotel und ein Schulhaus erzeugt (Bucher 2013). Rechnerisch liessen sich mit dieser Technik noch grössere Wärmemengen aus dem St. Moritzersee bereitstellen. Die Nachfrage nach einem solchen Wärmeverbund entsteht allerdings erst bei hohen Heizölpreisen, wenn die bezogene Wärme billiger ist als eine konventionelle Heizanlage.

Konflikte

Zu bedenken ist, dass im Winter der Durchfluss durch die Engadiner Seen stark zurückgeht (bis unter 2 m³/s, siehe Tabelle). Die Anlage am St. Moritzersee entnimmt bis zu 4 m³/min aus dem St. Moritzersee, d.h. etwa 3-5% des winterlichen Abflusses. Mit zusätzlichen Anlagen könnte der künstliche Kreislauf ähnliche Grössenordnungen annehmen wie der natürliche Abfluss.

Wassermengen und Wasseraustausch der Engadiner Seen

(Ribi et al. 2005)

	Lej da Segl	Lej da Silvaplana	Lej da Champf�er	St. Moritzersee
Fläche km ²	4.11	2.71	0.51	0.78
Volumen Mio m ³	136.71	127.06	8.71	19.80
Mittlere Tiefe Meter	33.22	46.80	16.93	25.38
Füllzeit Jahre	2.17	0.68	0.05	0.10
Durchfluss Mio m ³ /a	63.07	186.69	186.69	189.85
Durchfluss m ³ /s	2.00	5.92	5.92	6.02
Durchfluss Winter m ³ /s	< 1	2.00	2.00	2.00
Oberster Meter Mio m ³	4.07	2.70	0.51	0.77

Empfehlungen

Der St. Moritzersee ist mit einem Seeinhalt von knapp 20 Mio. m³ ein recht kleiner See (Ribi et al. 2005), der Wärmebedarf im winterlich kalten Hochtal enorm. Um eine ubernutzung des Sees angesichts seiner ökologischen und wirtschaftlich-touristischen Bedeutung sicher auszuschliessen, müssen zusätzliche Eingriffe sehr genau auf ihre Auswirkungen untersucht werden. Die Massgaben für den Schutz der Seen und ihren natürlichen Funktionen sind in der GSchV verankert (siehe Randspalte).

5.2.7 Stoffeinträge durch Altlasten

Im November 2012 stellte das BAFU erstmals eine landesweite Übersicht der mit Abfällen belasteten Standorte vor (BAFU 2012a). Im Kanton Graubünden ist das kantonale Kataster der belasteten Standorte fertiggestellt und auf der Webseite des ANU öffentlich zugänglich. Das BAFU hat alle Katasterdaten von Kantonen und Bundesstellen zusammengeführt und detailliert ausgewertet. Die effektive Anzahl der belasteten Standorte liegt schweizweit bei rund 38000, wovon knapp 40% Ablagerungsstandorte, knapp 50% Betriebsstandorte, rund 10% Schiessanlagen und 1% Unfallstandorte sind. Mit 225 Quadratkilometern entspricht die Gesamtfläche aller belasteten Standorte in der Schweiz ungefähr der Fläche des Kantons Zug. Bei über der Hälfte der belasteten Standorte werden keine Umweltbeeinträchtigungen erwartet. Bei weiteren 10 % aller Standorte zeigen Untersuchungen, dass weder ein Überwachungs- noch ein Sanierungsbedarf besteht (BAFU 2012a). Mass-

Für Seen gilt (Ziffer 13 GSchV)

a.) Durch Seeregulierungen, Wassereinleitungen und -entnahmen, Kuhlwassernutzung und Wärmeentzug dürfen im Gewässer die natürlichen Temperaturverhältnisse, die Nährstoffverteilung sowie, insbesondere im Uferbereich, die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen für die Organismen nicht nachteilig verändert werden.

Schiessanlagen werden Altlasten

In der Schweiz gibt es rund 2000 aktive und 4000 stillgelegte Schiessanlagen. Jedes Jahr verschiessen Armeeangehörige und Schützen 400 Tonnen Blei und zehn Tonnen Antimon in Form von Munition. Stark belastet ist insbesondere die Erde im Bereich des Kugelfangs (Rüegg 2012). Die eingetragenen Metalle können das Grundwasser gefährden, vor allem Antimon ist sehr mobil. Eine sofortige Sanierung ist dann angezeigt, wenn der Kugelfang in einer Grundwasserschutzzone liegt und die Trinkwassernutzung akut gefährdet. Neben dem Grundwasser können in speziellen Fällen Oberflächengewässer gefährdet sein (Awel Kanton Zürich 2013).

geblich für den Sanierungsbedarf ist die Altlastenverordnung des Bundes, wofür das Bundesamt für Umwelt eine ausführliche Vollzugshilfe bereitstellt (BAFU 2015).

Auch im Engadin gibt es laut kantonalem Kataster zahlreiche Ablagerungsstandorte, Schiessanlagen und Unfallstandorte (siehe Tabelle). Hinzu kommen noch durch militärische Altlasten sowie durch Munitionsreste belastete Bereiche beim Fliegerabwehr-Bataillon in S-chanf, wo über Jahrzehnte Schiessübungen stattfanden (Val Susauna, Zielhang des Schiessplatzes San Güerg, siehe Abb. 19). Blei und Antimon aus Munitionsrückständen von militärischen oder kommunalen Schiessständen können eine ernstzunehmende Gefahr für die Gewässer bedeuten.

Belastete Standorte im Engadin

Gemeinde	Ablagerungsstandorte	Schiessplätze	Unfallstandorte	Militär Schiessplätze	Militär sonstiges
Maloja Inn Einzugsgebiet	1	-	-	-	-
Sils i. E.	6	1	-	-	-
Silvaplana	2	-	-	-	-
St. Moritz	8	1	2	-	1
Pontresina	6	1	1	-	-
Celerina	7	4	-	-	-
Samedan	5	1	2	-	3
Bever	2	1	1	-	-
La Punt Chamues-ch	3	1	-	-	-
Madulain	2	-	-	-	-
Zuoz	2	1	-	-	-
S-chanf	3	1	-	3	5
Zernez	22	2	-	-	2
Scuol	21	6	-	-	-
Valsot	13	4	-	-	-
Samnaun	10	1	-	-	-

Quellen

Kataster belasteter Standorte (Geoportal Graubünden), VBS-Kataster belasteter Standorte KbS

Zum Beispiel zeigte sich bei Abklärungen zum Neubau der Skisprungschanze in St. Moritz, dass im Bereich des Wurftaubenschiessstands eine umgehende Bodensanierung erforderlich ist. Die Grenzwerte für Blei, Antimon und polyzyklische Aromaten (PAK) werden deutlich überschritten und können nicht nur den nahe gelegenen Weiher Lej Marsch gefährden, sondern auch das nur wenige hundert Meter entfernte wichtigste Trinkwasservorkommen von St. Moritz, das Grundwasserpumpwerk San Gian II (Stifel 2014, Krüger 2014). Hier zeigt sich exemplarisch das Konfliktpotenzial, das aus einer intensiven Nutzung der Landschaft resultiert: unbeabsichtigte, oftmals unbewusste Schadstoffeinträge können dazu führen, dass ganze Wasservorkommen für die Trinkwasserversorgung unbrauchbar werden.

5.2.8 Stoffeinträge durch den Verkehr

Verkehrswege sind eine oft unterschätzte Quelle für Schadstoffe, besonders wenn Wasserressourcen betroffen sind, die als Trinkwasser genutzt werden sollen (AWEL 2009). Strassenbürtige Stoffe sind hauptsächlich die Schwermetalle Cadmium, Blei, Kupfer und Zink sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Benzinzusatzstoffe wie Methyltertiärbutylether (MTBE). Auch aus dem Schienenverkehr ergeben sich kontinuierliche, wenn auch geringe Stoffeinträge, etwa durch den Abtrag von Kupfer aus Fahrdrähten. Im Engadin werden diese Stoffe nicht nur vom Regen von befestigten Verkehrsflächen abgewaschen, sondern auch bei der Schneeräumung verfrachtet. Daher sollten auch die Standorte der winterlichen Schneedepots der Strassenreinigung als potenzielle Schadstoffquellen bzw. Altlasten in eine Überwachung einbezogen werden.

Auf dem hochgelegenen Engadin Airport von Samedan spielen während der Wintermonate Pistenräumung und Flugzeugenteisung eine zentrale Rolle bei der Aufrechterhaltung des Flugverkehrs. Dazu werden Flüssigkeiten mit niedrigem Schmelzpunkt bei hoher Temperatur auf die im Freien stehenden Flugzeuge gesprüht, wobei die abtropfende Flüssigkeit auf das Flugfeld gerät und von dort über die Kanalisation abgeführt wird. Ein Teil der Enteisungsflüssigkeit wird verweht und kann auf die unbefestigten Flächen neben dem Flugfeld abdriften oder mit dem Regen abgewaschen werden. Eine Gefahr für das darunterliegende Grundwasser besteht nur dann nicht, wenn die verwendete Enteisermischung aus biologisch rasch abbaubaren Inhaltsstoffen besteht oder durch entsprechende Entwässerungsanlagen zuverlässig gefasst wird (Bruderer et al. 2013).

5.2.9 Fazit Stoff- und Wärmeeinträge in Engadiner Gewässer

Der Talboden des Engadins ist in einigen Gemeinden vielfältig und zum Teil sehr intensiv genutzt. Zu Siedlungen und Verkehrsnetz (Strasse, Schiene, Flughafen) kommen touristische Aktivitäten (Golf, Loipenpräparation, Camping), Gewerbe, Militär, Deponien, Landwirtschaft und schliesslich die Wärmenutzung als Verursacher von Stoffeinträgen in Betracht. Da man in früheren Jahrzehnten weniger sorgsam mit Chemikalien und Abfällen umging, verursachen die Hinterlassenschaften historischer Aktivitäten wie Altdeponien zusätzliche Probleme.

Da das Grundwasser im Talboden für die grösseren Gemeinden ein unentbehrliches Trinkwasservorkommen ist, bringt dessen Schutz mitunter Nutzungseinschränkungen für andere Stakeholder mit sich. Dieser Konflikt lässt sich häufig nur mit grossem Kostenaufwand entschärfen. Ein vorsorgendes Schutzkonzept für die Trinkwasservorräte im Untergrund ist aber eine Lebensversicherung für das Engadin. Vor allem gilt es, qualitative Gefährdungen des Grundwassers zu erkennen, bevor Schadstoffe in die Grundwasserleiter eingedrungen sind. Ein kartografischer Abgleich aller Aktivitäten mit Schadstoffpotenzial in der Umgebung von Grundwasserfassungen (siehe Abb. 20) kann erste Hinweise geben, wo vermehrte Aufmerksamkeit oder zusätzliche Untersuchungen notwendig sind.

Abb. 19

Schiessübungen des Flieger-Abwehrcorps S-chanf

Aufnahme aus den 1970er Jahren (EMD 1978)



Altlasten und Gewässerschutzzonen

Altlasten

- Schiessanlagen
- Abfallablagerung
- Betriebsstandort
- Unfallstandort

Gewässerschutzzonen

- Schutzzone S1
- Schutzzone S2
- Schutzzone S3

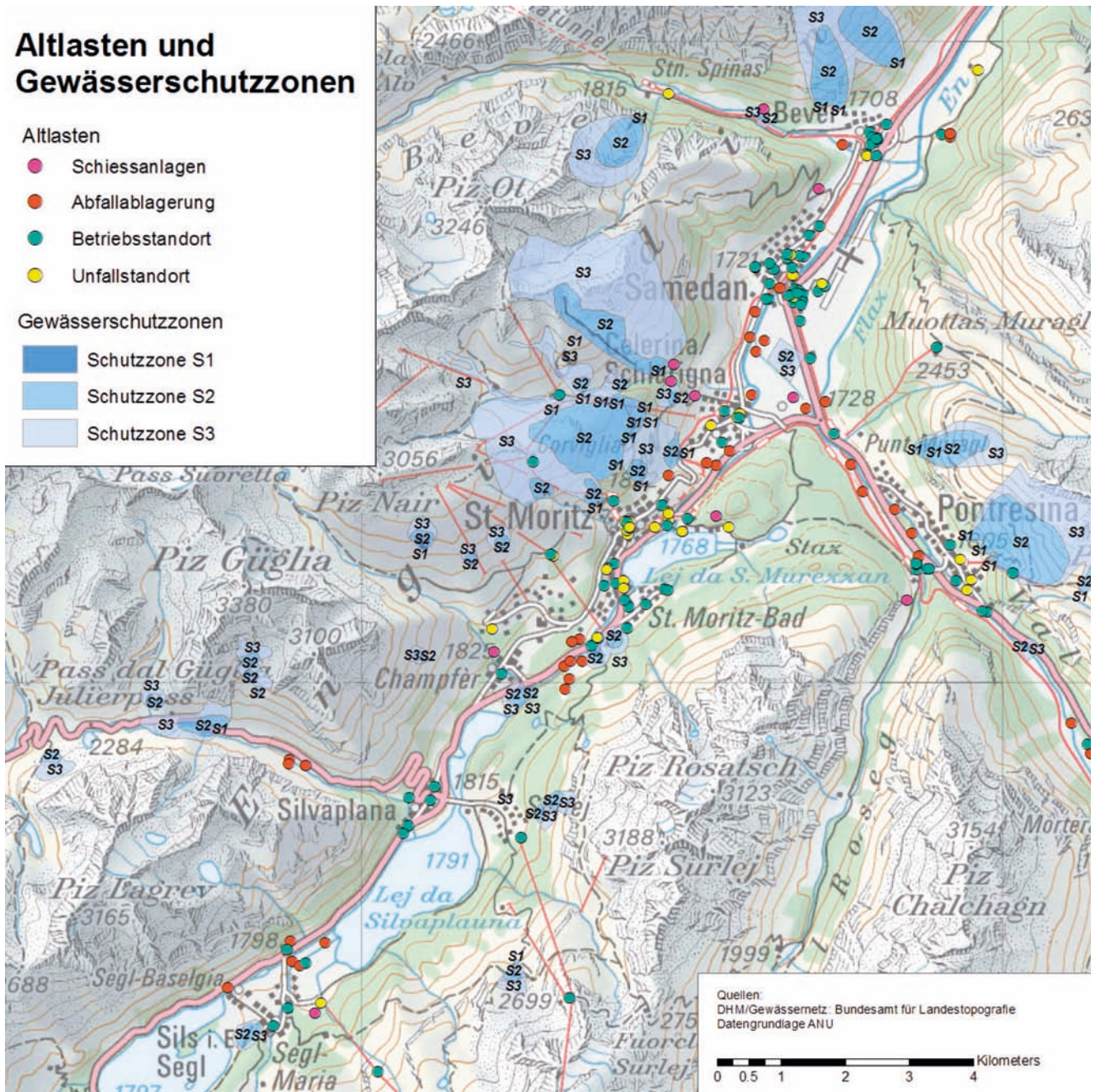


Abb. 20

Von den Standorten ehemaliger Deponien, von Unfällen, Betrieben mit wassergefährdenden Stoffen und Schiessplätzen kann die Gefahr einer Verschmutzung des Grundwassers ausgehen.

Die Karte zeigt die potenzielle Gefährdung des Trinkwassers im Untergrund des zentralen Oberengadins.

Die Ziffern bezeichnen Quelfassungen.

(eigene Darstellung, reproduziert

mit Bewilligung von swisstopo (BA 160003)

Daten ANU Altlastenkataster, Gewässerschutzkarte)

Schutzzonen für Grundwasser bieten angesichts der heute vielfach eingesetzten langlebigen Chemikalien keine zuverlässige Sicherheit mehr vor Kontaminationen. Das Konzept der Schutzzonen beruht auf der Überlegung, dass sich Schadstoffe bei ausreichend langer Bodenpassage abbauen und das Grundwasser gar nicht erst erreichen. Dies trifft für viele Chemikalien nicht zu, so dass prioritär deren Eintrag in Böden und Gewässer an der Quelle vermieden werden sollte. Relevant sind hier etwa Herbizide, die im Privatbereich zur Entkrautung von befestigten Flächen und Wegen eingesetzt werden. Ein anderes Beispiel sind algizide Wirkstoffe in Fassadenfarben und Aussenverputz, die vom Regen ausgewaschen werden können.

Der grössere Teil des Trinkwassers im Engadin stammt indessen aus Quellen, deren siedlungsferne Lage eine hohe Sicherheit gegen Verschmutzungen bietet. Doch auch Quellen liefern nur dann gutes Wasser, wenn sie adäquat gefasst, geschützt und von menschlichen Aktivitäten möglichst weitgehend abgeschirmt sind. Für viele Quellen ist dies nicht der Fall: eine eingehende Analyse der vorliegenden Quelldaten zeigt (siehe Abb. 12 in Kapitel 5.1.3), dass die Schüttung vieler Quellen stark schwankt. Dies ist ein Indiz dafür, dass sie direkt von Oberflächenwasser und Niederschlägen gespeist und daher auch anfällig gegen Schadstoffeinträge sind. Diese Gefährdung könnte durch bessere bauliche Fassung und einen angemessenen Quellschutzbereich deutlich vermindert werden.

Investitionen in die Aufwertung von Quellen sind sinnvoll, sichern sie doch auf Dauer eine Versorgung mit besonders gutem, schadstofffreiem Trinkwasser. Dazu gehört neben der Sicherung der Quellfassung ein Blick auf die Aktivitäten im Umfeld und Zuströmbereich der Quellen. Relevante Einflüsse sind Restaurations- oder Alpbetriebe ohne Anschluss an die Kanalisation, Beweidung oder Pistenpräparation in unmittelbarer Nähe, Treibstoffdepots der Bergbahnen oder militärische Altlasten. Auch hier erleichtert eine kartografische Zusammenschau aller Aktivitäten im Umfeld einer Quelle das Erkennen von Gefährdungen.

Während im Mittelland die Landwirtschaft den bei weitem grössten qualitativen Einfluss auf die Gewässer hat, ist dies im Engadin dezidiert anders: nur vereinzelt beeinträchtigen agrarische Stoffeinträge die Wasserqualität, und wo sich dies zeigt, lassen sich meist Lösungen finden, die auch für die Landwirtschaft akzeptabel sind. Der Inn und seine Zuflüsse können auf diese Weise praktisch frei von Agrarchemikalien und – durch die neue Abwasserorganisation im Oberengadin – in weiten Bereichen auch frei von sonstigen Mikroverunreinigungen gehalten werden. Dies ist ein unschätzbare Standortvorteil. Gelingt es, auch Quellen und Grundwasser nach heutigem Erkenntnisstand vor negativen Einflüssen zu schützen, wäre auch das Ziel **naturreinen Trinkwassers** in Griffnähe. Auf dem Weg dorthin ist vor allem dem Schutz des Trinkwassers noch grössere Aufmerksamkeit zu widmen.

In Matrix B sind alle Stoffeinträge und Einflüsse auf die Wasserqualität tabellarisch zusammengefasst.

Gefährdung von Trinkwasservorkommen

Grundwasser

Altlasten

Siedlungsnähe

Golfplatz

Loipenfahrzeuge

Verkehrsflächen

Flughafen, Parkplätze, Strassen,
belasteter Schnee aus Strassenräumung

Quellen

Beweidung Jauche

Skigebiete

Abwasser Bergrestaurants,
Betriebsmittel Bergbahnen und Pistenfahrzeuge

Matrix B

Potenzielle Konflikte durch Stoff- und Wärmeeinträge im Engadin

Kapitel	Gesellschaftlicher Anspruch	Wirkt auf ... Ökologie Flüsse	Ökologie Seen	Grundwasser	Trinkwasser	Bewässerung
5.2.2	Siedlung	1	2	3	4	neutral
5.2.3	Landwirtschaft	5	neutral	6	7	neutral
5.2.4	Industrie und Gewerbe	8	8	8	9	neutral
5.2.5	Stoffeinträge Tourismus	10	neutral	neutral	10	neutral
5.2.6	Thermische Nutzung	neutral	11	12	12	neutral
5.2.7	Altlasten	13	13	13	13	neutral
5.2.8	Verkehr	14	14	14	14	neutral

 **Konflikt**

 **Potenzieller Konflikt**

Anmerkungen

- 1 **Durch neue Abwasserorganisation im Oberengadin nur noch geringe Einleitung von Mikroverunreinigungen mit dem Abwasser**
Ausnahmen: Maloja, Sils, Silvaplana. Im Unterengadin normale Abwasserfracht.
- 2 **Direkte Einträge aus dem Siedlungsgebiet in Oberflächengewässer**
- 3 **Direkte Einträge aus dem Siedlungsgebiet ins Grundwasser**
Bauchemikalien, Treibstoffe, Abrieb von Autoteilen, Pestizidanwendung in Gärten
- 4 **Geringer Einfluss auf Quellen, aber Möglichkeit von Stoffeinträgen in Grundwasserleiter, die der Trinkwassergewinnung dienen**
- 5 **Eintrag von Pestiziden und Nährstoffen in Fliessgewässer im Engadin gering, ausser es wird Gülle in Gewässernähe ausgebracht**
- 6 **Nährstoffeinträge** Gülle
- 7 **Beweidung im Umfeld von Quellen**
- 8 **Geringe Industriedichte im Engadin**
Möglichkeit von Schadstoffeinträgen während Mischwasserentlastung bei Starkregen
- 9 **Kein Einfluss auf Quellen, aber bei Umgang mit gefährlichen Stoffen Risiko für nahe gelegene Grundwasservorkommen**
- 10 **Möglichkeit des Eintrags von Schadstoffen aus der Pistenbearbeitung und Schneeherstellung in nahe gelegene Trinkwasserquellen**
- 11 **Grosser Wärmeentzug aus St. Moritzersee im Winter, potenzielle Probleme mit Seeökologie bei weiterer Steigerung**
- 12 **Grundwasserwärmenutzung nur lokal von grosser Bedeutung** Samedan,
kann zu Konflikt mit Trinkwassergewinnung aus dem gleichen Grundwasservorkommen führen
- 13 **Auswaschung von Schadstoffen aus Altlasten möglich**
- 14 **Schadstoffe aus Strassen- und Schienenverkehr können in Flüsse, Seen und Grundwasser eingetragen werden und auch Trinkwasser beeinträchtigen**
Enteiserabwässer vom Engadin Airport Samedan, Entsorgung von geräumtem Schnee am Ufer von Fliessgewässern

5.3 Eingriffe in die Hydromorphologie

Dieses Kapitel fasst die Auswirkungen von gesellschaftlichen Aktivitäten zusammen, welche Gewässer durch hydromorphologische Eingriffe und Bauwerke verändern. Im wesentlichen sind dies die Wasserkraftnutzung und der Hochwasserschutz, in geringerem Mass Siedlungen, Verkehrswege und sonstige Infrastrukturbauwerke sowie die Landwirtschaft (Drainagen). Die meisten Veränderungen sind vor vielen Jahrzehnten entstanden, als das Wissen über die Dynamik von Fliessgewässern und die gesellschaftliche Priorität des Gewässerschutzes weit geringer waren. Der genaue Grad der Verbauung geht aus der Bestandesaufnahme des ANU zur Geschiebesanierung hervor (Hunziker Zarn und Partner 2014), in der auch historische Luftbildvergleiche angestellt werden. Heute steht im Vordergrund, den Schutz vor Hochwasser und die Ausnutzung der Wasserkräfte nach neuesten Erkenntnissen in Einklang mit ökologisch vitalen Gewässern zu bringen.

5.3.1 Hydromorphologische Einflüsse der Wasserkraftnutzung

Bei der Nutzung der Wasserkräfte sind neben den Wasserentnahmen (Restwasserregime) und der unregelmässigen Rückgabe in den Inn (Schwall-Sunk, siehe Kapitel 5.1.1) auch Eingriffe in den hydromorphologischen Charakter der Gewässer zu berücksichtigen. Die grössten Folgen für die Hydromorphologie entstehen durch Stauwehre und Speicherseen, die Auswirkungen auf die Hydrologie (z.B. Anhebung des Grundwasserspiegels), die Fischwanderung und vor allem den Geschiebetransport haben.

Am Inn gibt es derzeit zwei Stauwehre, ein drittes ist bei Martina in Bau. Die oberste Innstufe bei S-chanf leitet das Innwasser in einen (drucklosen) Freispiegelstollen, durch den es zum Ausgleichsbecken Ova Spin gelangt. Dafür wurde im Inn ein rund sechs Meter hohes Wehr errichtet, dessen Rückstau unterhalb des Ortsgebiets S-chanf und der steinernen Brücke endet, so dass die hydromorphologischen Auswirkungen begrenzt sind. Ein Umgehungsgerinne ermöglicht den Fischaufstieg.

An der zweiten Innstufe bei Scuol (Pradella) wird nicht nur das von Ova Spin zufließende Wasser der ersten Stufe ($67 \text{ m}^3/\text{s}$) genutzt, sondern dem Inn weiteres Wasser (max. $20 \text{ m}^3/\text{s}$) entnommen. Dazu wurde ein Stauwehr gebaut mit einer Stauhöhe von 10.5 Metern und einem Rückstau, der vom Wehr rund 1 500 Meter flussaufwärts reicht. Eine der grössten Herausforderungen ist es, den beträchtlichen Geschiebetransport des Inns zu regulieren. Keinesfalls darf es zu Auflandungen im Stauraum kommen, d.h. letztlich muss das gesamte Geschiebe, das sich infolge der verlangsamten Strömung im Stauraum absetzt, in den Unterlauf des Inns weitergeleitet werden. Dies geschieht alljährlich mit dem Frühjahrshochwasser über einen Kiesspülkanal, der das Geschiebe rechts um das Wehr herum leitet (Balissat et al. 1992).

Ein drittes Stauwehr am Inn entsteht derzeit unterhalb Martina bei Ovella (siehe Kapitel 5.1.1). Es dient neben der Schwall-Sunk-Sanierung der Wasserkraftgewinnung, die Fischwanderung soll durch eine Kaskade von Becken sichergestellt werden. Im Speicherraum anlandende Schwebstoffe (ca.

100 000 m³/a) und Geschiebe (ca. 25 000 m³/a) können durch ein Öffnen der Wehrsegmente in den Unterlauf geführt werden (Landesregierung Tirol 2009).

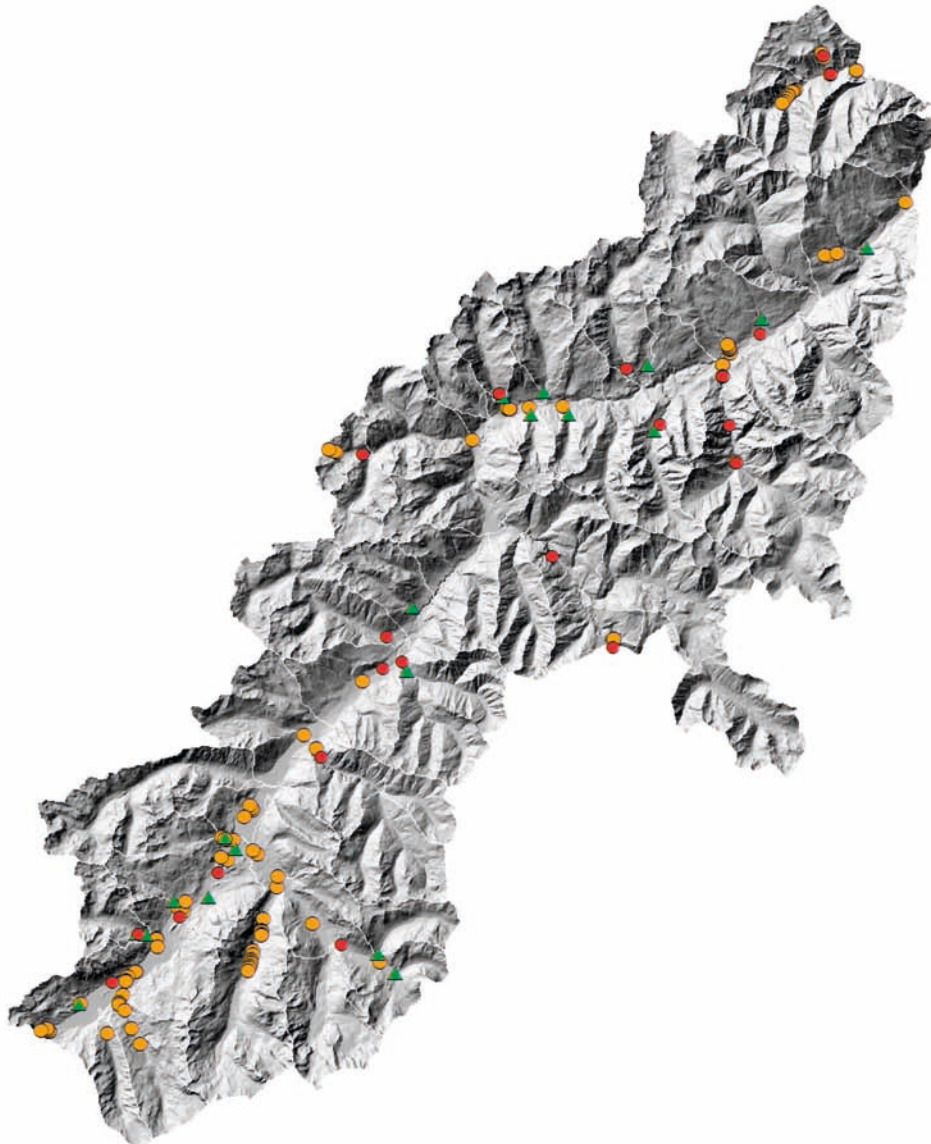
Insgesamt existieren derzeit im Engadin 21 Stau- und Regulierwehre von Wasserkraftanlagen, die die Fischwanderung beeinträchtigen (siehe Abb. 21). Von diesen weisen im Oberengadin 8 (89%) und im Unterengadin 6 (67%) einen im Hinblick auf den Auf- und Abstieg von Fischen unbefriedigenden Zustand auf und müssen gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG) bis 2031 saniert werden (ecowert 2012). Die Geschiebedynamik wird durch die Wasserkraft ebenfalls stark beeinflusst, auch in diesem Bereich besteht – wie die jüngste Bestandsaufnahme des Kantons zeigt – Handlungsbedarf (Hunziker Zarn und Partner 2014).

Abb. 21

Hindernisse für die Fischwanderung im Engadin. Bei den wasserkraftbedingten Hindernissen handelt es sich um Talsperren, Stauwehre, Tirolerwehre und Regulierwehre. Die nicht wasserkraftbedingten Hindernisse sind Sohlschwellen, raue Sohlrampen, gepflasterte Gewässersohlen und Eindolungen, die den Hochwasserschutz verbessern sollen

(Daten WWF 2015b, DHM/Gewässernetz Bundesamt für Landestopografie)

- **Wasserkraftbedingte Hindernisse**
- ▲ **Natürliche Abstürze**
- **Nicht wasserkraftbedingte Bauwerke**



Morphologische Folgen von Restwasserregimen

Bei dauerhaft herabgesetzten Restwassermengen ändert sich der morphologische Charakter der unterhalb von Stauwehren gelegenen Flussstrecke. Es bilden sich untypische und ökologisch unerwünschte Ablagerungen, Schuttkegel und Staubereiche, die auch den Hochwasserabfluss beeinträchtigen können. Am Spöl, dem Grenzfluss des Nationalparks, der durch die 130 Meter hohe Staumauer Punt dal Gall des Lago di Livigno stark eingeschränkte Geschiebe- und Wassermengen erhält, wird das Restwasserregime durch künstliche Hochwasser ergänzt, um den Geschiebehaushalt eines natürlichen Wildbachs nachzuahmen (Mürle et al. 2005). Weiter flussabwärts folgt die Staumauer des Ausgleichsbeckens Ova Spin mit 73 Meter Höhe, die den Spöl nochmals zu einem rund 4 km langen See aufstaut. Auch in der Restwasserstrecke unterhalb Ova Spin werden regelmässig künstliche Hochwasser ausgelöst. Die dadurch verursachte Dynamisierung und Diversifizierung des Geschiebes hat allmählich zu einer deutlichen Verbesserung der ökologischen Situation und des Fischbestandes geführt. Es sei hier nur am Rande erwähnt, dass diese Erfolge durch einen Umweltunfall an Ostern 2013 zum Teil zunichte gemacht wurden (Kanton Graubünden 2014b).

Empfehlungen

Alle Wehranlagen und sonstigen wasserkraftbedingten Hindernisse sollten im Hinblick auf Fischwanderung (flussauf- und flussabwärts) und Geschiebetransport in der im Gewässerschutzgesetz vorgesehenen Frist bis 2031 saniert sein.

Abb. 22

Trotz umfangreicher Revitalisierungsvorhaben ist der Inn auf weiten Strecken immer noch ein stark verbautes Gewässer (der Inn bei Bever, Bildquelle: Schweizer Luftwaffe 2013)



5.3.2 Hydromorphologische Einflüsse des Hochwasserschutzes

Hauptfaktor morphologischer Veränderungen im Engadin ist der Schutz vor Hochwasser und die zu diesem Zweck erstellten Bauwerke und Flussveränderungen. Seit Jahrhunderten stemmen sich die Menschen gegen die Macht des Wassers, durch die Verfügbarkeit von Maschinenkraft ab dem 20. Jahrhundert mit zunehmend grösseren Eingriffen in die Gewässer. Nicht nur am Inn, sondern auch an den Zuflüssen und vielen Bergbächen wurden Verbauungen konstruiert, die zum Teil stark in den natürlichen Lauf des Wassers und die Geschiebedynamik eingreifen.

Im Engadin nahm der Inn ursprünglich den grössten Teil des Talbodens ein, flussnahe Flächen waren sumpfig, unwegsam und landwirtschaftlich kaum nutzbar. Infolge von Hochwasserschutzmassnahmen – namentlich beiderseitigen Längsverbauungen – ist der Fluss auf weiten Strecken verengt, begradigt und im Uferbereich befestigt worden. In solchen Abschnitten sind dem Inn vor allem die angrenzenden Auenwälder und die Quervernetzung mit den Lebensräumen seiner Umgebung verloren gegangen. Die hinter den Dämmen gelegenen Flächen wurden drainiert und für Landwirtschaft, Besiedlung und Verkehrswege nutzbar gemacht. Dadurch wurde die Artenvielfalt stark eingeschränkt, vielen Lebewesen fehlen Brut- und Laichplätze als auch Nahrungsquellen. Das rigorose Zurückdrängen des Flusses wird heute als nicht mehr zeitgemäss erachtet und soll durch abschnittsweise Revitalisierungen aufgehoben werden (siehe auch Kapitel 5.3.5 Gewässerschutz).

Auch oberhalb der Dörfer sind viele Wildbäche mit Querbauwerken versehen, um Wasser und vor allem Geschiebe schon in höheren Bereichen zurückzuhalten. Eine Erhebung der Fischwanderhindernisse im Engadin zeigt, dass der überwiegende Teil der Hindernisse Verbauungen zugunsten der Wasserführung und des Hochwasserschutzes betraf (WWF 2015b). Sohl-schwellen, raue Sohlrampen und Durchführungen unter Verkehrswegen (Eindolungen) stehen der freien Wanderung von Fischen im Oberengadin in 67 Fällen im Wege. Im Unterengadin sind 48 Hindernisse eine Folge der Verbauung. Im Oberengadin sind besonders der Inn (22 Hindernisse), die Ova da Roseg (14) und die Fedacla (15) betroffen, im Unterengadin der Lavinuoz (10) und der Schergenbach in Samnaun (20) (siehe Abb. 21).

Um die unerwünschten Nebenwirkungen des Hochwasserschutzes zu minimieren, soll dieser laut Wasserbaugesetz (WBG) in Zukunft möglichst gewässer-verträglich erfolgen (Art. 4 Abs. 2 WBG), namentlich naturnah ausgeführt werden und den Gewässern ausreichend Raum lassen. Dies zielt in die gleiche Richtung wie das revidierte Gewässerschutzgesetz, mit dem folgende Ziele verfolgt werden: „die Förderung von Revitalisierungen (Wiederherstellung der natürlichen Funktionen eines verbauten, korrigierten, überdeckten oder eingedolten oberirdischen Gewässers mit baulichen Massnahmen) sowie Sicherung und extensive Bewirtschaftung des Gewässerraums“ (BAFU 2012b). Angestrebt wird die Revitalisierung nicht überall an den Gewässern, sondern in jenen Abschnitten, wo ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis zu erwarten ist. Prioritär sind daher Vorhaben, die sowohl der Gewässerökologie zugute kommen als auch den Hochwasserschutz verbessern (Art. 41d Abs. 1 Bst. c GSchV).

Konflikte

Konflikte mit anderen Gewässernutzungen betreffen insbesondere die Fische-rei und die landschaftliche Attraktivität der Fliessgewässer im Sinne des Tourismus. Diese werden durch Revitalisierungen deutlich entschärft. Auch die Fischwanderung kann bei vielen Hochwasserbauwerken mit heutigen Kenntnissen optimiert werden, ohne das Schutzniveau zu senken. Zudem gilt es, die Verhältnismässigkeit auch beim Hochwasserschutz zu beachten. In besonders gefährdeten Bereichen sollte der Ausbau von Siedlungen und Infrastrukturen unterbleiben. Auch solche vorbeugenden schadensmindernden Massnahmen tragen dazu bei, Konflikte zwischen gesellschaftlichen Gewässernutzungen und Hochwasserschutz zu vermeiden.

Siedlungen mit ihren Gebäuden und Infrastrukturen gehören zu den beständigsten Werken der menschlichen Zivilisation. Was an urbanen Landnutzungsfakten einmal geschaffen ist, lässt sich nur mit sehr grossem Aufwand oder nur über lange Zeiten ändern. Auf eine Abwägung zwischen Schutzwürdigkeit und Schutzaufwand wird deshalb meist verzichtet: Städte müssen unter allen Umständen hochwassersicher sein. Im Engadin gibt es in vielen Gemeinden überbaute Flächen, die in den Gewässerraum ragen: St. Moritz (Inn), Celerina (Inn), Pontresina (Flaz), Samedan (Inn), Bever (Beverin), La Punt Chamues-ch (Inn, Ova Chamuera), Madulain (Inn), S-chanf (Inn), Zernez

Abb. 23

Auch die Ortschaften an den Hängen des Inntals sind durch Hochwasser gefährdet

(der Lavinuoz in Lavin, Bildquelle: Zacharie Grossen)



Die Verlegung des Flaz in ein neues 4 km langes Bett im Jahre 2004 zielte auf eine Verbesserung des Hochwasserschutzes von Samedan ab, verbesserte aber auch die hydromorphologische Situation.

Wo vorher ein Flazkanal und ein Innkanal mit naturnahen Ufern und künstlichem Verlauf dominierten und das Hochwasserproblem trotzdem nicht beherrschbar war, befinden sich nun naturnahe Fliessgewässer.

Die Verlegung des Flaz ist ein wissenschaftlich eng begleitetes, gut dokumentiertes Wasserbauvorhaben. Für Einzelheiten sei auf die einschlägige Literatur verwiesen.

(Hofmann 2014, von Pfuhlstein 2012)

(Inn), Susch (Inn), Scuol (Inn), Valsot-Sclamischot (Inn), Valsot-Martina (Inn) (ANU 2014b).

Einige Fallbeispiele aus Österreich und Deutschland zeigen, dass es mitunter auch notwendig werden kann, extrem gefährdete Standorte aufzugeben. So wird derzeit das Dorf Isarmündt in Niederbayern geräumt und abgebrochen, da der Schutz nicht mehr mit vertretbaren Kosten gewährleistet werden kann (Wittl 2013), auch zahlreiche donaunahe Weiler in Oberösterreich mussten in den letzten Jahren weichen (Müller et al. 2013). In der Schweiz – auch im Engadin – gibt es angesichts der hohen Nachfrage nach Wohn- und Gewerbeimmobilien immer wieder Überlegungen, verstärkt auch den hochwassergefährdeten Gewässerraum zu erschliessen. Dies sollte möglichst unterbleiben. Eher sollte bei besonders gefährdeten Einzelgebäuden Objektschutz betrieben oder im Einzelfall ein Rückbau erwogen werden, wenn sich dadurch aufwendige Hochwasserschutzmassnahmen (mit entsprechenden Kosten und ökologischen Folgen) vermeiden lassen.

Empfehlungen

Es bietet sich an, jede Erneuerung oder Sanierung von Hochwasserschutzbauten nach modernen ökologischen Kriterien im Einklang mit dem Wasserbaugesetz auszuführen und so kontinuierlich die hydromorphologischen Folgen früherer Eingriffe zurückzuführen. Hierzu bieten sich besonders die geplanten Revitalisierungsprojekte am Inn an, die zugleich den Hochwasserschutz als auch die ökologischen Bedingungen verbessern. Um die Notwendigkeit für Schutzbauten zu minimieren, sollten hochwassergefährdete Flächen konsequent von Bebauung und anderen Nutzungen ferngehalten werden.

Abb. 24

Drainagegräben im Unterengadin

(Bildquelle: Klaus Lanz)



5.3.3 Hydromorphologische Einflüsse der Landwirtschaft

Der grösste Teil des Talbodens und der landwirtschaftlich genutzten Hänge im Engadin ist drainiert. Oft lassen sich die schnurgeraden Drainagegräben in der Landschaft beobachten, mehrheitlich verlaufen sie aber unterirdisch (Abb. 24). Im gleichen Zuge wurden kleinere Bäche und Quellen im Landwirtschaftsgebiet gefasst und eingedolt. Ohne Drainagen wären viele Flächen zumindest zeitweise zu feucht für eine Befahrung und Bewirtschaftung.

Konflikte

Obwohl die mit Drainagen verbundene Entwässerung der Landschaft – wie beabsichtigt – viele aquatische Lebensräume verändert oder gänzlich beseitigt hat, wird sie heute kaum noch als Eingriff in die Ökologie wahrgenommen.

Der teilweise parkartige Charakter des Engadins ist selbstverständlich geworden, niemand erinnert sich an die verschwundenen Gewässer und einst feuchten Standorte. Mit ihnen sind auch viele Tier- und Pflanzenarten verschwunden, die auf dauernde oder temporäre Feuchtigkeit angewiesen sind. Drainagen sind eine der wichtigsten Ursachen dafür, dass in der Schweiz wasserabhängige Tier- und Pflanzenarten auf der Liste der gefährdeten Arten überproportional vertreten sind (Cordillot et al. 2011).

Empfehlungen

Wo immer möglich, sollten zur Verbesserung der Biodiversität Feuchtwiesen und Quellen revitalisiert werden. Für solche Massnahmen kommen insbesondere Standorte in Frage, die für die Landwirtschaft von geringem Wert oder bereits aufgegeben sind.

5.3.4 Hydromorphologische Einflüsse der Trinkwasserversorgung

Wegen der überragenden Wichtigkeit der Trinkwasserversorgung für die Bevölkerung wird meist übersehen, dass auch die Fassung von Quellen den natürlichen Lauf des Wassers in der Landschaft verändert. Laut Gewässerschutzgesetz sind Trinkwasserfassungen gegenüber anderen Wassernutzungen privilegiert, indem sie bis zu einer Entnahme von 80 l/s keine Restwasseranforderungen erfüllen müssen. In der Konsequenz fliesst bei praktisch allen im Engadin für die Trinkwasserversorgung gefassten Quellen kein Wasser mehr natürlich ab. Die einst an oder unterhalb der Quellorte existierenden Biotope sind verschwunden.

Aus zwei Gründen lohnt sich ein genauere Blick auf diese Praxis. Zum einen werden längst nicht alle gefassten Quellen für die Trinkwasserversorgung benötigt, viele wurden zum Beispiel wegen zu geringer Schüttung oder mangelnder Qualität vom Verteilnetz getrennt. Bei solchen Quellen bietet sich die Chance, die Fassung rückzubauen und dem Quellwasser wieder freien Lauf zu lassen. Auf diese Weise könnten – ohne jede Beeinträchtigung anderer Interessen – wertvolle Standorte für Amphibien und andere auf dauernde Feuchtigkeit angewiesene Lebewesen wiedergewonnen werden.

Zum zweiten sollte bedacht werden, dass die Ausnahme von Restwasseranforderungen bei Quellen allein für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser und die Bereitstellung von Löschwasser gedacht ist. Wo sich andere Nutzungen in grossem Massstab aus der Trinkwasserleitung versorgen, etwa die Bewässerung, die Beschneidung oder die Stromgewinnung, kann das Trinkwasserprivileg streng genommen nicht in Anspruch genommen werden. Ein solcher Fall liegt z.B. in Tarasp vor, wo von dem im Val Plavna für die Trinkwasserversorgung gefassten Quellwasser nur 20% in die Versorgungsleitungen gespeist werden und 80% der Stromerzeugung dienen (Brüniger et al. 2007). Weiter kann das Trinkwasserprivileg auch dort nicht gelten, wo einstige Trinkwasserquellen aktuell für andere Zwecke, etwa die Beschneidung, verwendet werden.

5.3.5 Hydromorphologie im Gewässerschutz

Ziel des Gewässerschutzgesetzes ist unter anderem eine wesentliche Verbesserung der Hydromorphologie der Fliessgewässer in den nächsten Jahrzehnten. Bis zum Jahr 2031 wird eine Sanierung sowohl des Geschiebehalt als auch der Fischgängigkeit angestrebt. Im Einklang damit verlangt das Bundesgesetz über die Fischerei (BGF), dass Fische ungehindert flussauf- wie flussabwärts wandern und sich in den Gewässern natürlich fortpflanzen können. Wer neue Wehre oder Verbauungen plant, benötigt daher auch eine fischereirechtliche Bewilligung des Kantons. Nach Art. 10 BGF können auch Anpassungen bestehender Anlagen angeordnet werden, wenn sie wirtschaftlich tragbar sind.

Abb. 25

Aufweitungen und die Reaktivierung ehemaliger Auenbereiche haben die Ökologie des Inns deutlich verbessert

(Revitalisierungsabschnitt bei Madulain)

Bildquelle: Schweizer Luftwaffe, 2011)



Das zweite langfristige Ziel der Gewässerschutzgesetzgebung ist die Revitalisierung von rund 4000 km Fließgewässerstrecke in der Schweiz (von 65 000 km insgesamt). Dieses Generationenvorhaben erfordert grosse Eingriffe in die Flüsse und die ufernahen Nutzungen, so dass die Gesetzgebung einige Jahrzehnte für die Umsetzung gewährt (bis ins Jahr 2081). Erleichtert wird der nötige Gewässerumbau durch bedeutende Synergien mit dem Hochwasserschutz. Das eidgenössische Wasserbaugesetz (WBG) schreibt dazu vor, dass der Hochwasserschutz künftig naturnah ausgeführt werden muss und den Flüssen genügend Raum gewähren soll – komplementär zum Revitalisierungsziel des GSchG.



Abb. 26

Tümpel und Wasserlöcher, die periodisch austrocknen, sind wichtige Elemente einer natürlichen Hydromorphologie und Hotspots der Biodiversität. Sie wurden in grosser Zahl drainiert oder aufgefüllt, um Siedlungen, Strassenbau, Landwirtschaft und Tourismus zu ermöglichen.

(Kleingewässer am Berninapass
Fotoquelle: Klaus Lanz)

Konflikte und Synergien

Im Engadin sind mehrere bedeutende Revitalisierungsprojekte bereits abgeschlossen (Samedan: Flaz und Inn; Bever, Madulain, Zuoz: Inn). Weitere umfassende Projekte befinden sich in Vorbereitung (Celerina: Inn; Bever: Inn; La Punt Chamues-ch: Inn, Chamuerabach). Dabei müssen Konflikte zum Teil mit dem Hochwasserschutz, vor allem aber mit der Landwirtschaft bereinigt werden. Da es sich bei letzteren im wesentlichen um Flächenkonflikte handelt, werden sie in Kapitel 5.4 besprochen.

5.3.6 **Fazit** Eingriffe in die Hydromorphologie des Engadins

Jahrzehntlang war die hydromorphologische Qualität der Gewässer ein Randthema. Priorität genossen die Wasserkraft und der Ausbau von Siedlungen, Verkehrswegen und Infrastrukturen. Dass die Expansion der Nutzungen vielfach auf Kosten des Gewässerraums, des Geschiebehaushalts und der Fischwanderung ging, blieb lange unbeachtet. Zwei Faktoren trugen zu einem Umdenken bei: erstens die Erkenntnis, dass eingeeengte Flüsse sich auch mit höchstem technischen und finanziellen Aufwand nicht mehr hochwasser-sicher machen lassen. Zweitens erfuhren die Gewässer seit den 1980er Jahren eine Aufwertung in der gesellschaftlichen Wahrnehmung, die Zielsetzung ökologisch intakter Flüsse wurde gesetzlich verankert. Der traditionelle Konflikt zwischen Hochwasserschutz und Ökologie wurde zum Teil aufgehoben, da mitunter beide Ziele mit den gleichen Massnahmen erreicht werden können.

Dagegen bleibt das Ziel, im Inn und seinen Zuflüssen eine durchgehende Fischwanderung zu ermöglichen, in weiter Ferne. Dies gilt vor allem für den Fischabstieg an Wasserkraftwehren, der technisch schwieriger zu bewerkstelligen ist als Fischaufstiegshilfen (Kriewitz-Byun 2015). In Bezug auf die Hydromorphologie könnte man im Engadin von einem halb vollen Glas sprechen: grosse Erfolge und ehrgeizige Planungen bei der Revitalisierung, erhebliche Restprobleme bei der Fischwanderung.

In Matrix C sind alle Eingriffe in die Hydromorphologie des Engadins tabellarisch zusammengefasst.

Matrix C

Eingriffe in die Hydromorphologie im Überblick

Kapitel	Gesellschaftlicher Anspruch	Wirkt auf ... Hydro- morphologie	Fischgängigkeit	Geschiebe/ Sediment	Abflussregime
5.3.1	Wasserkraft	1	2	3	4
5.3.2	Hochwasserschutz	5	6	7	8
5.3.3	Siedlungen und Verkehrsflächen	8	8	8	9
5.3.4	Landwirtschaft	13	neutral	14	15
5.3.5	Trinkwasserversorgung	16	neutral	neutral	neutral

 **Konflikt**

 **Potenzieller Konflikt**

- 1 **Verbauungen an und unterhalb Staustufen**
- 2 **Stauwehre**
- 3 **Rückhalt von Geschiebe hinter Stauwehren** ggf. Erosion unterhalb
- 4 **Stark verminderte und schwankende Abflüsse durch Schwall-Sunk-Effekte, Restwasserstrecken**
- 5 **Begradigung, Längsverbauung, Sohlverbau, Uferbefestigung**
- 6 **Sohlschwellen und andere Querhindernisse**
- 7 **Geschieberückhalt an Querverbauungen** ggf. Erosion unterhalb
- 8 **Abflussbeschleunigung** Verlust von Zonen mit schwacher Strömung
- 9 **Verbauung von Fluss- und Seeufern für Verkehrswege und Siedlungen, Eindolung von Bächen im Siedlungsgebiet**
- 10 **Verengte Durchlässe und Eindolungen, wo Verkehrswege Gewässer queren**
- 11 **Einwaschung von Feinsediment von Strassen in Gewässer**
- 12 **Grosse versiegelte Flächen können bei Starkregen zu einer deutlichen Abflussbeschleunigung führen**
- 13 **Trockenlegung von Feuchtgebieten und Fassung von Quellen durch Drainagen**
- 14 **Abwaschung von Bodenmaterial bei gewässernahe Bewirtschaftung**
- 15 **Beschleunigter Abfluss von Niederschlägen durch Drainagen**
- 16 **Die Fassung von Quellen beeinträchtigt von Quellwasser abhängige Biotope**

5.4 Flächenkonflikte um Wassernutzungen

Ziel dieser Studie ist es, alle gesellschaftlichen Aktivitäten zu erfassen, die einen Einfluss auf Gewässer und ihre Nutzung haben können. Dies schliesst auch solche Aktivitäten ein, die von sich aus keine Wassernutzung im Sinn haben, indirekt aber andere Wassernutzungen einschränken. Dazu zählen einerseits die zahlreichen Verursacher von Stoffeinträgen (siehe Kapitel 5.2), andererseits eine Reihe von Aktivitäten, deren Konfliktpotenzial erst erkennbar wird, wenn man sie unter dem Flächenaspekt analysiert. Ebene, gut nutzbare Talböden sind im Engadin eine knappe Ressource und Gegenstand diverser konkurrierender Nutzungsansprüche. Diese Flächennutzungskonflikte betreffen auch die Gewässer im Tal – Fließgewässer und Grundwasservorkommen – und schränken deren Integrität und deren Nutzbarkeit zum Teil erheblich ein.

5.4.1 Flächenbedarf der Trinkwasserversorgung

Für die Wasserversorgung besonders im Oberengadin sind Grundwasservorkommen in den vergangenen Jahrzehnten immer wichtiger geworden. Ohne die ergiebigen Pumpmengen aus dem Untergrund wären viele Gemeinden nicht in der Lage, den Trinkwasserverbrauch zu decken. Im Winter, wenn die hochgelegenen Quellen wegen tiefer Temperaturen weniger Wasser liefern, ist Grundwasser die entscheidende Reserve. Einige Gemeinden benötigen vorwiegend im Winter Grundwasser (Celerina, Pontresina, Bever, La Punt Chamues-ch, Zuoz), Sils, St. Moritz und Samedan sind ganzjährig darauf angewiesen (siehe Kapitel 5.1.3). Im Unterengadin stehen geeignete Grundwasservorkommen nur lokal zur Verfügung. Bisher greifen Zernez, Susch und Samnaun (seit 2015) für die Trinkwasserversorgung darauf zurück. Auch Scuol hat ein Grundwasserpumpwerk, nutzt dessen Wasser aber nach eigenen Aussagen aktuell nicht (eigene Umfrage 2015).

Um Grundwasser vor Verschmutzung zu schützen, müssen dessen Zuflussbereich und vor allem die nähere Umgebung von wassergefährdenden Aktivitäten frei bleiben. Für die Nutzung der Grundwasserschutzzone S1, S2 und S3 gelten daher strenge Auflagen. Der eigentliche Fassungsbereich S1 und die engere Schutzzone S2 sind strenger geschützt als die weitere Schutzzone S3, aber auch dort sind besondere Regeln zu beachten. Eine Bebauung für Gewerbe oder Wohnzwecke ist in Grundwasserschutzzone nicht gestattet.

Konflikte

Einige jüngere Grundwasserpumpwerke im Engadin wurden weitab von Siedlungen eingerichtet. Nutzungskonflikte im Umfeld der Fassungen sind am ehesten mit der Landwirtschaft denkbar, da Verbote für die Ausbringung von Gülle gelten. Grösser ist das Konfliktpotenzial bei älteren Pumpwerken, die sich nahe am Siedlungsgebiet, an Verkehrswegen und an Tourismusinfrastrukturen befinden. So bestehen etwa auf dem Gemeindegebiet von Samedan mit dem Regionalflughafen und einem Golfplatz bedeutende Flächennutzungen, die praktisch das gesamte nutzbare Grundwasservorkommen überlagern (siehe Kapitel 5.4.2).

5.4.2 Flächenwirkung von Siedlungen und Verkehrswegen

Im 20. Jahrhundert dehnten die Gemeinden im Engadin ihre Siedlungsfläche zunehmend aus (siehe Abb. 27). Wohn- und Gewerbegebäude nehmen heute vor allem in den grösseren Orten des Oberengadins erhebliche Anteile der Talebene ein, hinzu kommen Verkehrswege, Gewerbegebiete, Parkplätze und gemeindliche Infrastrukturen (ARA, Recyclinganlagen etc.).

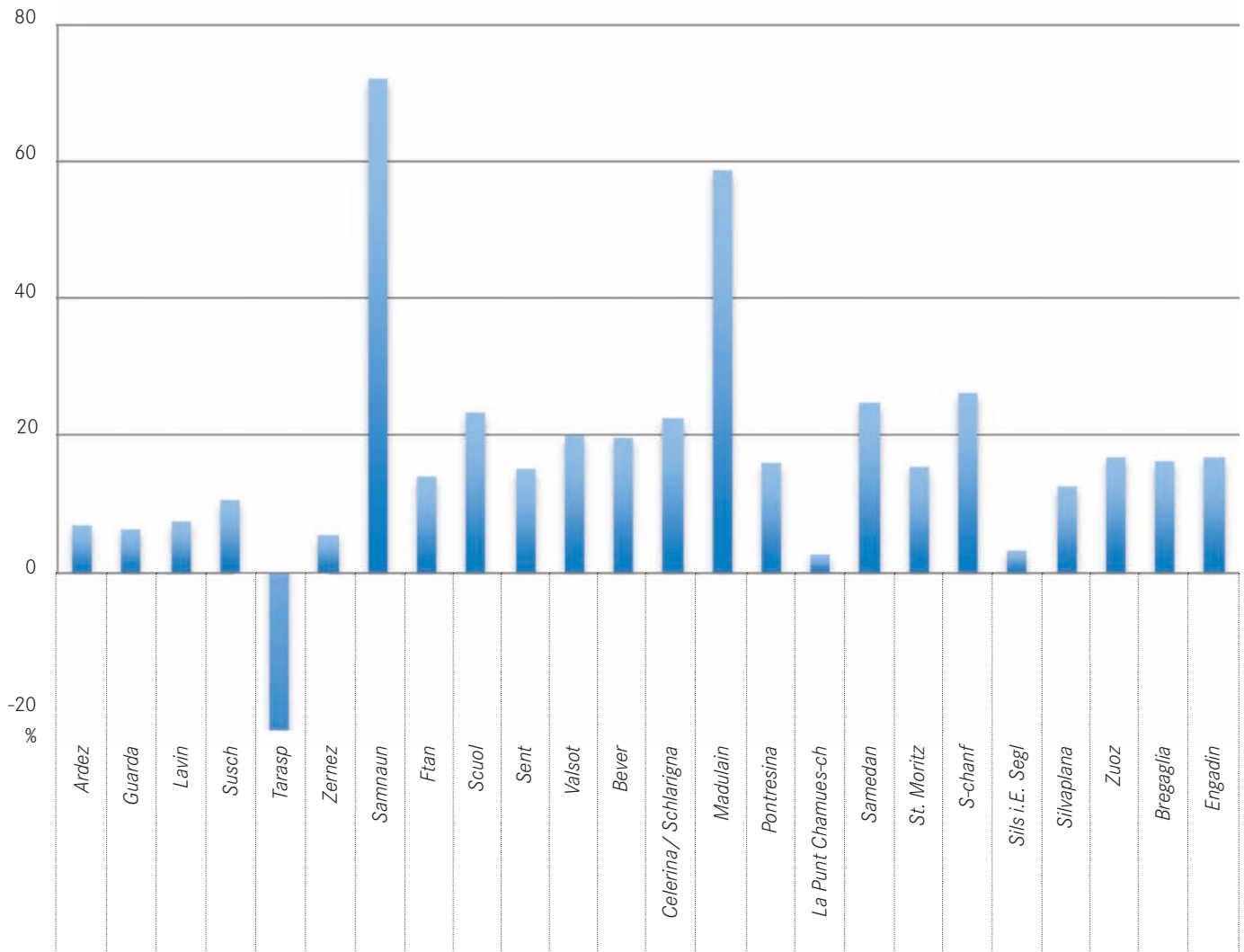


Abb. 27

Zunahme der Siedlungsfläche von 1985-2009 in Prozent nach Gemeinden

(eigene Auswertung der Arealstatistik NOAS04)

● Prozentualer Zuwachs

Da sich ergiebige Grundwasservorkommen nur unter dem Talboden des Inn und des Flaz befinden, beanspruchen die erforderlichen Schutzzonen zum Teil Flächen, die auch für die Bebauung attraktiv sind. Schweizweit sind zahlreiche Fälle dokumentiert, in denen der Konflikt zwischen Schutzzonen und Siedlungsausdehnung auf Kosten der Trinkwassergewinnung entschieden wurde (Lanz et al. 2014b). Eine Bebauung von Schutzzonen bedeutet automatisch den Verlust des Wasservorkommens für die Trinkwasserversorgung, da eine solche Fassung nicht mehr gesetzeskonform ist und die behördliche Bewilligung verliert. Die Schliessung von Trinkwasserfassungen ist nur dort zu verantworten, wo ein alternatives Vorkommen an gutem und reichlichem Trinkwasser vorhanden ist. Dies ist im Engadin normalerweise nicht der Fall, denn die ergiebigen Quellen und schützbaeren Grundwasservorkommen werden von den Gemeinden bereits genutzt.

Abb. 28

Auf der begrenzten Fläche des Engadiner Talbodens drängen sich zahlreiche Nutzungsansprüche auf engstem Raum zusammen. Durch den Siedlungsdruck wird es immer schwieriger, die für eine sichere Trinkwasserversorgung entscheidenden Grundwasserschutz zonen freizuhalten.

(Bildquelle: Comet Photoshopping GmbH, Dieter Enz)



Konflikte

Betrachtet man die Grundwasserschutz zonen im Engadin und die Nutzung ihrer Umgebung, sind Flächenkonflikte bei einzelnen Grundwasserpumpwerken im Oberengadin vorprogrammiert. In der weiteren Schutzzone S3 und sogar der engeren Schutzzone S2 der St. Moritzer Trinkwasserfassungen San Gian befinden sich Strassen, Parkplätze und Gewerbebetriebe, von denen eine Verschmutzungsgefahr besonders durch Unfälle ausgeht. In Sils befindet sich das Grundwasserpumpwerk mit seinen Schutz zonen inmitten eines Langlaufloipengebiets, so dass von den Pistenmaschinen für die Loipenpräparation eine unmittelbare Verschmutzungsgefahr ausgeht. Dieser Konflikt konnte aus Sicht des zuständigen kantonalen Amts für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit bisher nicht befriedigend gelöst werden und ist Gegenstand eines Verfahrens Kanton gegen Gemeinde.

Auf die Gefährdung der St. Moritzer Grundwasservorkommen durch Munitionsrückstände des Wurftaubenschiessstands wurde bereits im Kapitel 5.2.7 hingewiesen. Im Umfeld der Fassung St. Moritz-Champfér ist eine direkte Flächenkonkurrenz erkennbar, die aktuelle Bebauung reicht dort bis unmittelbar an die Schutzzone S3 heran.

Ob man auch die Spezialsituation von Samedan als Flächenkonflikt betrachten will, hängt vom Blickwinkel ab. Die möglichen Grundwasservorkommen der Gemeinde befinden sich in der von Inn und Flaz gebildeten Ebene und werden von zwei Hauptnutzungen überlagert: dem Engadin Airport und dem Golfplatz. Beide Aktivitäten bieten keine idealen Bedingungen für die Trinkwassergewinnung, werden doch bei beiden regelmässig Chemikalien (Golfplatz: Herbizide, Fungizide, Düngemittel; Flugplatz: Treibstoffe, Enteisungsmittel) eingesetzt. Der gewählte Standort des Samedaner Grundwasserpumpwerks inmitten des Golfplatzes ist ein Kompromiss. Er zeigt exemplarisch, dass die Orte, an denen gutes und reichliches Trinkwasser gewonnen werden kann, im Engadin seltener werden.

Empfehlungen

Es ist unbedingt darauf zu achten, Konflikte zwischen den für die Trinkwassernutzung aus Grundwasser nötigen Schutz zonen und einer Überbauung oder wassergefährdenden Nutzung dieser Flächen auszuschliessen. Der hohe Siedlungsdruck und das Interesse der Gemeinden, ihre Wohnbevölkerung zu vergrössern, haben vielfach zu unerwarteten Problemen mit der Trinkwasserversorgung geführt. Für die Trinkwasserversorgung aus Grundwasser müssen grosse Flächen in unmittelbarer Nähe der Siedlungen als Schutz zonen von aller Nutzung freigehalten werden. Diese Tatsache ist der Öffentlichkeit viel zu wenig bewusst und sollte von den Gemeinden aktiv thematisiert werden.

5.4.3 Flächenanspruch des Gewässerschutzes

Schweizweit befinden sich nach Erhebungen des Bundesamts für Umwelt rund 4 000 von 7 000 km der Flie ssstrecke von Bächen und Flüssen ökomorphologisch in einem schlechten Zustand. In über der Hälfte der Gewässerstrecken wird der Uferbereich zu intensiv genutzt oder es fehlt eine gewässergerechte Vegetation. Die Nutzungen – überwiegend die Landwirtschaft, in

dicht besiedelten Gebieten die Bebauung – rücken oft sehr nahe an die Gewässer heran, bei 75% der Bäche ist der Raumbedarf nicht erfüllt oder das Gewässer ist eingedolt (Zeh et al. 2009).

Die meisten Agrarflächen in Gewässernähe wurden erst im 19. und 20. Jahrhundert durch Eindämmung und Kanalisierung sowie durch die Verlegung von Drainagesystemen erschlossen. Aus heutiger Sicht ging diese Entwicklung zu weit. Das Gewässerschutzgesetz verfolgt daher das Ziel, einen kleinen Teil der einst abgeschnittenen und trockengelegten Flächen den Flüssen zurückzugeben (Revitalisierung, siehe Kapitel 5.3.6). Dies führt mitunter zu Konflikten zwischen Gewässerschutz und agrarischen Nutzungen.

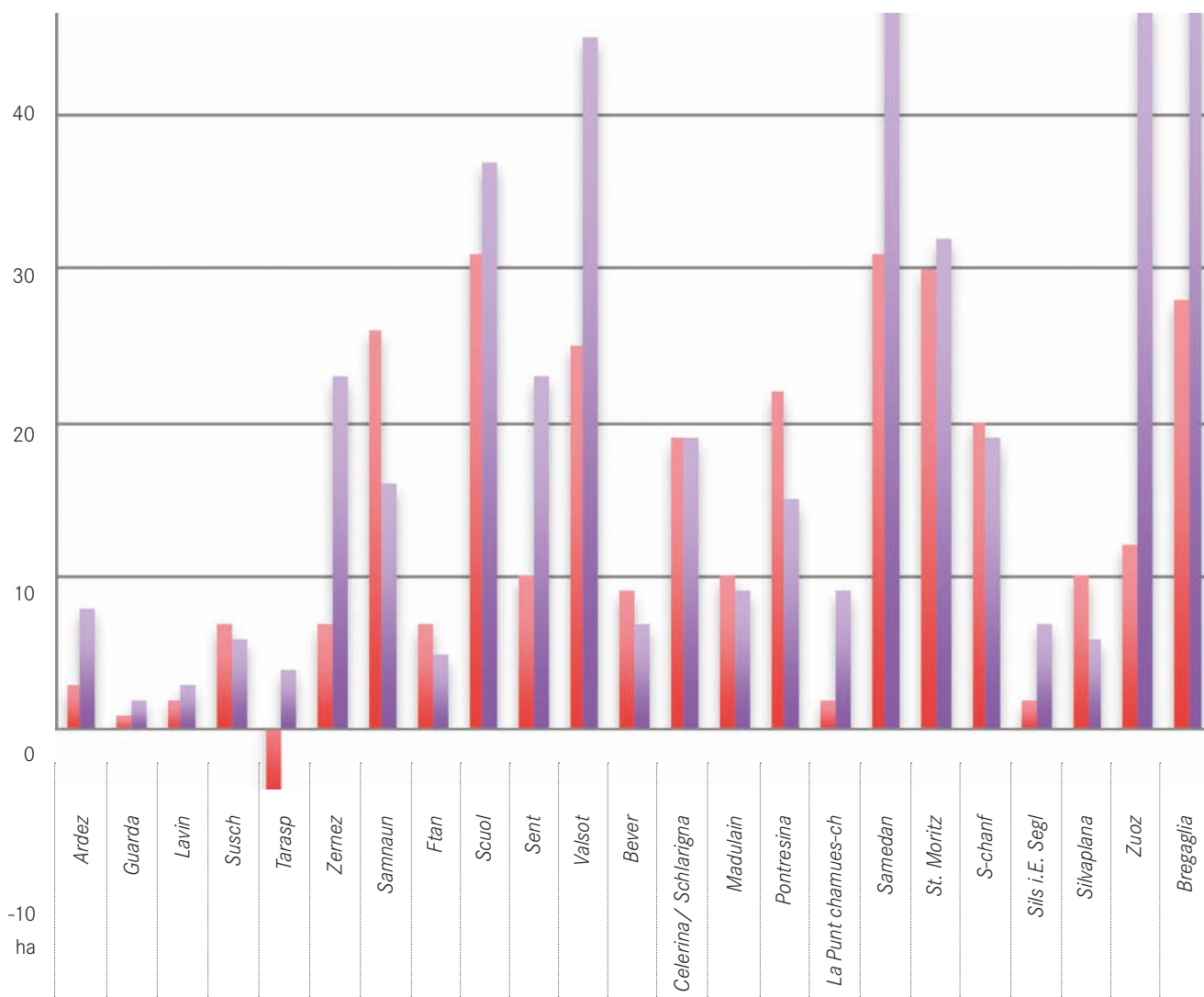
Bei der Bewertung solcher Konflikte sollte bedacht werden, dass der Flächenbedarf für Revitalisierungen moderat ist im Vergleich zum Verlust an Agrarland durch den Siedlungsbau. Im Engadin ist die Agrarfläche (Äcker, Wiesland) in den letzten 25 Jahren um 448 ha oder rund 7% zurückgegangen (eigene Auswertung Arealstatistik). In der gleichen Zeit nahm die Siedlungsfläche um 407 ha zu (+20%) (siehe Abb. 29). Eine detaillierte Auswertung der Areal-

Abb. 29

Flächenbilanz der Engadiner Gemeinden 1985-2009
Der Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche
ging in diesen 24 Jahren in erster Linie auf Kosten
von Landwirtschaftsfläche

(eigene Auswertung Arealstatistik NOAS04)

- **Zunahme Siedlungsfläche ha**
- **Abnahme Landwirtschaftsfläche ha**



Gewässerraum im Engadin

Gemeinde	Gewässer	Fläche Gewässerraum in Hektaren
Bever	Beverin	20
Bever	Inn	24.7
Celerina	Flaz	10.6
Celerina	Inn	45.9
La Punt Chamues-ch	Inn	26.6
La Punt Chamues-ch	Ova da Chamuera	21.2
Madulain	Inn	12.2
Pontresina	Flaz	9.7
Pontresina	Ova da Bernina	41.8
Pontresina	Ova da Roseg	22.9
Samedan	Beverin	1.7
Samedan	Flaz	27.3
Samedan	Inn	62.1
Samedan	Ova da Roseg	11.9
S-chanf	Inn	57
Sils i.E.	Inn	11.5
Silvaplana	Inn	3.9
St. Moritz	Inn	16.8
Zuoz	Inn	25.6
Ardez	Inn	30.5
Ftan	Inn	17.4
Guarda	Inn	9.5
Lavin	Inn	29.1
Ramosch	Inn	63.9
Scuol	Inn	46.2
Sent	Inn	32.9
Susch	Inn	38
Tarasp	Inn	19.4
Tschlin	Inn	80.5
Zernez	Inn	88.8
Zernez	Spöl	32.8

statistik zeigt, dass sich in fast allen Gemeinden der Verlust an Agrarland überwiegend durch den Ausbau der Siedlungsfläche erklären lässt. Dagegen nimmt sich der Flächenbedarf für Revitalisierungen im Engadin bescheiden aus: beansprucht werden nur wenige Hektaren Agrarland, im Fall von Bever zum Beispiel rund 2.5 ha (ANU 2015d).

Auch für die Herstellung eines naturnahen Gewässerraums wird Fläche benötigt (siehe Tabelle). Angestrebt werden eine extensive Bewirtschaftung des Gewässerraums und ein Freihalten der unmittelbaren Uferbereiche, damit sich dort eine uferspezifische Vegetation etablieren kann. In Gewässernähe bestehen bereits heute umfassende Extensivierungsaufgaben für die Landwirtschaft. Die formale Umwandlung in Gewässerraum sollte daher nur zu einer beschränkten Bewirtschaftungsanpassung führen, und wo dies der Fall ist, haben die Landwirte Anspruch auf entsprechende Ausgleichszahlungen.

5.4.4 **Fazit** Wasserwirksame Flächennutzungen im Engadin

Gewässerrelevante Konfliktsituationen durch Flächennutzungen bestehen im Engadin im wesentlichen in zwei Fällen: durch den Flächenanspruch für Revitalisierungen auf Kosten landwirtschaftlicher Nutzfläche und durch die potenzielle Ausdehnung von Siedlungen und Infrastrukturen in Trinkwasserschutzzonen. Die beiden Konflikte sind durch völlig unterschiedliche Aushandlungsprozesse geprägt. Das Ausräumen von Gewässerschutz und Landwirtschaft findet unter den Augen einer kritischen Öffentlichkeit statt und dürfte so schliesslich zu für alle akzeptablen Lösungen führen.

Die Aufgabe von Grundwasserschutzzonen durch den Bau von Siedlungen, Infrastrukturen und Verkehrswegen kann – wie die Erfahrung vieler Schweizer Gemeinden belegt – dagegen von der Öffentlichkeit fast unbemerkt eintreten. Es gibt keine öffentliche Aufmerksamkeit für dieses Thema und nur wenige sind sich der Bedeutung der Schutzzonen für das Funktionieren der Trinkwasserversorgung bewusst. Interesse am Wachstum der Gemeinden habe dagegen viele. Hier gilt es, den Wert der Trinkwasservorkommen verstärkt zu kommunizieren und konsequent einzuschreiten, wenn Projekte in den Perimeter der Schutzzonen hineinplanen.

In Matrix D sind die für das Engadin relevanten Flächenkonflikte tabellarisch zusammengefasst.

Matrix D Flächennutzungskonflikte

Kapitel	Gesellschaftlicher Anspruch	Wirkt auf ... Trinkwasser- versorgung	Siedlung und Verkehrsflächen	Gewässerschutz	Landwirtschaft
5.4.1	Trinkwasserversorgung		1	2	3
5.4.2	Siedlung und Verkehrswege	4		5	6
5.4.1	Gewässerschutz	7	8		9
5.4.3	Landwirtschaft	10	11	12	

- **Konflikt**
- **Potenzieller Konflikt**
- **Synergie und Konflikt**
- **Nur Flächenkonkurrenz**

Anmerkungen

- 1 **In Trinkwasserschutz-zonen ist der Bau von Siedlungen und Verkehrswegen stark eingeschränkt**
- 2 **Grundwasserfassungen in Flussauen können mit einer Revitalisierung des entsprechenden Flussabschnitts in Konflikt stehen**
(im Engadin nicht relevant)
- 3 **Einschränkung landwirtschaftlicher Aktivitäten in Grundwasserschutz-zonen**
- 4 **Siedlungen schliessen Nutzung von Grundwasser als Trinkwasser aus, da überbaute Schutz-zonen nicht bewilligungsfähig sind**
- 5 **Im Siedlungsgebiet sind Revitalisierungen nur sehr eingeschränkt oder gar nicht möglich**
- 6 **Flächenkonkurrenz Siedlung/ Landwirtschaft** ohne Wasser- aspekt
- 7 **Revitalisierungen erhöhen in der Regel die für die Trinkwasserversorgung verfügbaren Wassermengen**
– **Konflikte möglich zwischen flussnahen Trinkwasserfassungen und Revitalisierung** im Engadin nicht relevant
- 8 **Revitalisierungsflächen und Gewässerräume können einer Bebauung im Weg stehen**
- 9 **Revitalisierungen können Landwirtschaftsflächen beanspruchen, in Gewässerräumen gelten Bewirtschaftungsauflagen**
- 10 **Intensive Landwirtschaft und Trinkwasserschutz auf der gleichen Fläche schliessen sich aus**
- 11 **Reine Flächenkonkurrenz Landwirtschaft/ Siedlung** ohne Wasser- aspekt
- 12 **Landwirtschaft kann Revitalisierungen und Anpassungen des Gewässerraums erschweren**

6 Literatur

- Amt für Wirtschaft und Tourismus Graubünden (AWT)
Bergbahnen Graubünden (2013)
Herausforderung Klimawandel
Chancen und Risiken für den Tourismus in Graubünden, Chur 2013
- ANU (2013) Amt für Umwelt und Natur Graubünden
Umfrage bei den Gemeinden zu Kennzahlen zur Wasserversorgung
- ANU (2014a) Amt für Umwelt und Natur Graubünden
Umfrage bei den Gemeinden zu Quellschüttungen der Wasserversorgung
- ANU (2014b) Amt für Umwelt und Natur Graubünden
Vernehmlassung Revitalisierungsplan und Gewässerraum
<https://map.geo.gr.ch/gewaesserraum/>
- ANU (2015a) Amt für Umwelt und Natur Graubünden
Klimawandel Graubünden
Arbeitspapier 3 Risiken und Chancen, Arbeitspapier 3 einer kantonalen Klimastrategie Chur, 111 S.
- ANU (2015b) Amt für Wirtschaft und Tourismus Graubünden
Mündliche Auskunft D. Schmid vom 08.04.2015
- ANU (2015c) Amt für Umwelt und Natur Graubünden
Restwassersanierung Graubünden Stand Januar 2015
<https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/aev/dienstleistungen/wasserkraft/verfahren/sanierung/Seiten/Restwassersanierung.aspx>
- ANU (2015d) Amt für Umwelt und Natur Graubünden
Persönliche Mitteilung Josef Hartmann Email vom 30.04.2015
- ANU (2015e) Amt für Natur und Umwelt Graubünden
Klimawandel Graubünden. Synthese der Herausforderungen und Handlungsfelder
Arbeitspapier 4 einer kantonalen Klimastrategie, Chur, 23 S.
- Auckenthaler, A. (2012)
Spurenstoffe in Fließgewässern. Auswirkungen aufs Grundwasser – Fallbeispiele aus dem Kanton Basel-Landschaft
Aqua & Gas 11, 2012, S. 60-66
- AWEL Kanton Zürich (2009)
Die Belastung des Zürichsees durch die Strassenentwässerung
http://www.awel.zh.ch/dam/audirektion/awel/wasserwirtschaft/abwasserentsorgung/saba/Zsee_Bericht_Strassenabwasser.pdf.spooler.download.1306131725955.pdf/Zsee_Bericht_Strassenabwasser.pdf
- AWEL Kanton Zürich (2013)
Untersuchen, Überwachen, Sanieren
http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/abfall_rohstoffe_alllasten/altlasten/untersuchen_ueberwachen_sanieren/schiessanlagen.html) (abgerufen 10.08.2013)
- BAFU (1997)
Snomax™. Buwal-Mitteilung zur Stoffverordnung StoV , Nr. 28

-
- BAFU (2005)
Rote Liste der gefährdeten Amphibien in der Schweiz Bern
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00917/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,Inp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoF4gGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2ldvoaCVZ,s-.pdf>
- BAFU (2012a)
Erste landesweite Übersicht über die mit Abfällen belasteten Standorte liegt vor
<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=46545>
- BAFU (2012b)
Revitalisierung Fließgewässer – Strategische Planung Bern, S. 9
- BAFU (2015)
Vollzugshilfe Altlastenverordnung Bern
http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01804/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,Inp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCHeH5_fWym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2ldvoaCVZ,s-.pdf
- Balissat, M. et al. (1992)
Von den Aussenanlagen des Bauloses 1
Wasser Energie Luft 84, 256-262
http://www.heinzehrbartpartners.com/files/3177-1992_W-E-L_EKW.pdf
- Beer, M. (2011)
Nichts ist ohne Gift
Aqua & Gas 03, 2011, S. 11.
- Bergbahnen Motta Naluns (2013)
Geschäftsbericht 2012/13 Scuol
http://www.engadin.com/fileadmin/user_upload/customers/engadin/Bergbahnen/Dokumente/58_Geschaeftsbericht_2012_2013_Bergbahnen_Motta_Naluns.pdf
- Bergbahnen Motta Naluns (2014)
Geschäftsbericht 2013/14 Scuol
http://www.engadin.com/fileadmin/user_upload/customers/engadin/Bergbahnen/Dokumente/Geschaeftsbericht-Bergbahnen-20132014_web.pdf
- Bernhard, L. et al. (2012)
Klimaänderung und natürlicher Wasserhaushalt der Grosseinzugsgebiete der Schweiz
Schlussbericht zum Projekt Klimaänderung Hydrologie in der Schweiz (CC Hydro), Birmensdorf
- Bernhard, L. et al. (2013)
Auswirkungen der CH2011 Klimaszenarien auf die Wasserressourcen – eine Abschätzung für die Schweiz
In: Weingartner, R. et al. (Hrsg.): Wasserressourcen im globalen Wandel
Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 32, S. 93-102
- Bernhard, L. et al. (2015)
Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt des Engadiner Inns und seiner Teileinzugsgebiete
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
Bericht zu Händen des WWF, Birmensdorf (unveröffentlicht)
http://pte.parcs.ch/mmd_data_by.php?searchval=3012
-

-
- BFE (2015)
Wasserkraftstatistik 2014, Bern
http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier_id=01049
- BFS (2012)
Landwirtschaftliche Betriebszählung Zusatzerhebung 2012, Neuchâtel
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/01/new/nip_detail.html?gnpID=2011-740
- Bruderer, S. et al. (2013)
Enteiserabwasser am Flughafen Zürich
Aqua und Gas No. 2, S. 72-78
- Bucher, M. (2013)
Energieverbundprojekte mit Wasserquellen, Vortrag Cercle'eau 2013
http://www.cercleau.ch/files/7813/7276/5681/Referat_fr_Cercleau_La_Neuveville.pdf
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2013)
Gefährdungsdossier Trockenheit Bern
http://www.bevoelkerungsschutz.admin.ch/internet/bs/de/home/themen/gefaehrdungen-risi-ken/nat__gefaehrdungsanlayse/gefaehrdungsdossier.parsysrelated1.61111.downloadList.96212.DownloadFile.tmp/trockenheit.pdf
- Bundesamt für Gesundheit (BAG) (2013)
Inoffizielle, konsolidierte Liste der notifizierten Wirkstoffe
http://www.bag.admin.ch/anmeldestelle/00925/00937/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6I0NTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCldlB9g2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-
- Bundesamt für Gesundheit (BAG) (2012)
Umgang mit nicht geregelten Fremdstoffen im Trinkwasser, Bern
- Bundi, M. (2000)
Zur Geschichte der Flurbewässerung im rhätischen Alpengebiet
Verlag Bündner Monatsblatt, Chur
- Cordillot F. & Klaus G. (2011)
Gefährdete Arten in der Schweiz Synthese Rote Listen, Stand 2010
BAFU, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1120: 11 S
- Deplazes, G. et al. (2012)
Abwasserlast im Oberengadin
http://www.arastaz.ch/download-files/tech-berichte-studien/Abwasserlast_im_OE_Fachartikel_AuG_4_12.pdf
Aqua & Gas No. 4, S. 34-41
- ecowert (2012)
Wiederherstellung der Fischgängigkeit – Zwischenbericht zur Sanierungsplanung
Studie im Auftrag des Amts für Jagd und Fischerei Graubünden
- EDI (2005)
Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser
vom 23. November 2005 (Stand 91. Januar 2014)
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20050174/index.html>

-
- Eidgenössisches Militärdepartement (1978)
FIAB Schiessplatz S-chanf
<http://www.alexandria.admin.ch/bv001031134.pdf>
- EKU (2005)
Wasserentnahmebewilligung Nr. 191 des Erziehungs- Kultur- und Umweltschutzdepartements Graubünden, Chur
- Eigene Umfrage (2015)
Auswertung eines im Rahmen dieser Studie an alle Engadiner Gemeinden versendeten Fragebogens
- Ferenci, I. (2015)
Wie Kunstschnee den Böden schadet
ORF Ö1 Wissenschaft 29.01.2015 (<http://science.orf.at/stories/1752451/>)
- Flütsch, A. (2013)
Der Traum vom grünen Rechenzentrum am Walensee droht zu platzen
Basler Zeitung 14.08.2013
<http://bazonline.ch/wirtschaft/Traum-vom-gruenen-Rechenzentrum-am-Walensee-droht-zu-platzen/story/27837717>
- Freiburghaus, M. (2009)
Wasserbedarf der Schweizer Wirtschaft
gwa No. 12, S. 1001-1009
- Freiburghaus, M. (2015)
Sinkender Wasserverbrauch im Schweizer Haushalt
Aqua & Gas No.3, S. 72-79
- Gemeinde Samedan (2009)
Dokumentation der Samadener Wassertage 2008 Samedan
http://www.samedan.ch/documents/WT_Dokumentation_08.pdf
- Gemeinde Samnaun (2014)
Urnenabstimmung vom 9. Februar 2014, Botschaft des Gemeindevorstands
http://media-public.pmm.rtr.ch/media/object/rtr/9ae63e01-057e-421b-8974-ab3c84d234cf/2014_02_09_Samignun_credit_implant_pumpadi_aua.pdf
- Gemeinde Samnaun (2015)
Protokoll der Gemeindevorstandssitzung vom 7. Januar 2015
http://www.gemeindesamnaun.ch/dl.php/de/54b916475f01b/01._Vorstandssitzung_2015.pdf
- Gemeinde Zernez (2015)
Ausschreibung Neubau Kleinwasserkraftwerk Sarsura
http://www.bindexis.ch/monitor/gemeinde__cumun_da_zernez_neubau_kleinwasserkraftwerk_sarsura-60794.html
- Gilli, M. (1992)
Kraftwerk Pradella-Martina: Einwirkungen der lokalen Geologie und der Grundwasserverhältnisse auf das Projekt
Mitteilungen der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik 125, S. 17-20
<http://www.sgbf-ssmsr.ch/dokumente/pdf/Publikationen/Heft125.pdf>
- Goepfert, R. (2007)
Ermittlung der Bewässerungsbedürftigkeit landwirtschaftlicher Nutzflächen im Kanton Graubünden, Chur
https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/dvs/alg/dokumentation/melioration-nen/Dokumentliste%20Meliorationen/Bericht_Bewaesserung.pdf

-
- Graf, R. et al. (2014)
Bewässerungsanlagen als Ursache für die Nutzungsintensivierung von Grünland im Engadin
Agrarforschung Schweiz 5, S. 406-413
http://www.agrarforschungschweiz.ch/artikel/2014_10_2013.pdf
- Häuselmann Ph. et al. (2009)
Wasserwege der Gemeinde Flims und ihre Einflüsse auf den Caumasee
Öffentlicher Bericht 2004-2008, 24 S.
- Hofmann, H. (2014)
Verlegung eines Gebirgsflusses
Landpost No. 12, S. 30-31
http://www.neinhaus-verlag.de/files/landpost/familieundgarten/2014-12_Verlegung%20eines%20Gebirgsflusses.pdf
- Hunziker, Zarn und Partner AG (2014)
Sanierung Geschiebehaushalt – Morphologische Beurteilung der Zielgewässer
15 - Unterengadin, [https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/15 - Inn Unterengadin.pdf](https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/15-Inn-Unterengadin.pdf)
16 - Oberengadin, [https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/16 - Inn Oberengadin.pdf](https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/16-Inn-Oberengadin.pdf)
18 - Spöl, [https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/18 - Spöl.pdf](https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/18-Spael.pdf)
19 - Flaz, [https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/19 - Flaz.pdf](https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/19-Flaz.pdf)
- Jur, M.-C. (2011)
Südbünden braucht jetzt dringend Regen
Engadiner Post 21.05.2011
<http://www.engadinerpost.ch/2011/05/s%C3%BCdb%C3%BCnden-braucht-jetzt-dringend-regen.html>
- Jur, M.-C. (2013)
Malojaner Abwasser in Stampa klären
Engadiner Post 29.10.2013, Seite 1 und 3
- Kanton Graubünden (2013a)
Regierungsmitteilung vom 05.12.2013
<http://www.gr.ch/DE/Medien/Mitteilungen/MMStaka/2013/Seiten/2013120501.aspx>
- Kanton Graubünden (2013b)
Regierungsbeschluss vom 02.07.2013, Protokoll Nr. 635.
- Kanton Graubünden (2014a)
Regierungsmitteilung vom 10.07.2014
<http://www.gr.ch/DE/Medien/Mitteilungen/MMStaka/2014/Seiten/2014071001.aspx>
- Kanton Graubünden (2014b)
Task-Force Spöl Schlussbericht Umweltunfall 2013, Chur
http://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/bvfd/aev/aktuelles/Seiten/141219_Schlussbericht_Umweltunfall_Spoel.aspx
- Kanton Graubünden (2015a)
Regierungsbeschluss vom 24.03.2015, Protokoll Nr. 230.
- Kanton Graubünden (2015b)
Regierungsmitteilung vom 12.03.2015
<http://www.gr.ch/DE/Medien/Mitteilungen/MMStaka/2015/Seiten/2015031201.aspx>

-
- Kriewitz-Byun, C.R. (2015)
Leitrechen an Fischabstiegsanlagen: Hydraulik und fischbiologische Effizienz
Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich No. 230
http://www.sww.ch/Dokumente/Berichte-Fischabstieg-VAR/VAW-Mitteilung-Nr-230_MQ.pdf
- Krüger, D. (2014)
Die Altlasten kommen an erster Stelle,
Engadiner Post 20.05.2014
<http://www.engadinerpost.ch/2014/05/die-altlasten-kommen-erster-stelle.html>
- Landesregierung Tirol (2009)
Umweltverträglichkeitsgutachten für das Gemeinschaftskraftwerk Inn S. 55 ff
https://wwwstatic.tirol.gv.at/t3tiro/uploads/media/GKI2_01.pdf
- Lanz et al. (2014a):
Bewirtschaftung der Wasserressourcen unter steigendem Nutzungsdruck
Thematische Synthese 2 im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 «Nachhaltige Wassernutzung», Bern
http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61_thematische_synthese_2_d.pdf
- Lanz, K. et al. (2014b)
Flächenkonkurrenz zwischen Siedlungswachstum und Trinkwassergewinnung
Eawag-Auswertung einer Umfrage des SVGW bei den Wasserversorgern
http://library.eawag.ch/eawag-publications/openaccess/Eawag_08122.pdf
- Mantona, C. (2014)
Engadin St. Moritz Mountains: Naturspeichersee Lej Alv im Bau
Internationale Seilbahn Rundschau No. 4, 2014, S. 34-35
<http://www.isr.at/fileadmin/ebook/isr-2014-4/files/34.html>
- Marbot et al. (2013)
Wiesenbewässerung im Berggebiet Bericht Forschungsprogramm AgriMontana
<http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?lang=en&aid=31618&pid=31243>
- Mauch, C. (2004)
Veränderung des institutionellen Ressourcenregimes der Landschaft: Der Fall Sent-Ramosch-Tschlin
Working Paper IDHEAP 12/2004
https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_32810.P001/REF
- Meile, T. et al. (2005)
Erkenntnisse aus dem Rhone-Thur-Projekt, Synthesebericht Schwall-Sunk
Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 48 Seiten
<http://www.rivermanagement.ch/schwall-sunk/docs/synthese.pdf>
- Mountains.ch (2013)
Detaillierte Beschreibung des Projekts Speichersee Lej Alv
https://www.mountains.ch/files/page/projekte/speichersee-coriglia/2013-03-06_Pr%C3%A4sentation%20Naturspeichersee%20Internet.pdf
- Müller, S. et al. (2013)
Am Wasser gebaut
DIE ZEIT 25, 14.06.2013
<http://www.zeit.de/2013/25/hochwasser-oesterreich>

-
- Mürle, U. et al. (2005)
Die Dynamisierung des Restwassers im Spöl – eine Win-Win-Lösung für Natur und Kraftwerksbetreiber
Energie Wasser Luft 1/2, 20-22
http://www.hydra-institute.com/de/ifah/pdf/wel%2097%2020-22_r.pdf
- ORF (2013)
Verblüffendes Zahlenspiel mit Kunstschnee, Factsheet
<http://tirol.orf.at/news/stories/2613179>
- Pfister, C. et al. (2000)
Dürresommer im Schweizer Mittelland seit 1525
In: Schorer, M. (2000): Trockenheit in der Schweiz, Workshopbericht, OcCC, Bern
http://www.occc.ch/reports/Trockenheit00/Trockenheit_Anhang.pdf
- Quirin, Y. (2013)
Entwicklung von Verbandsstrukturen im ländlichen Raum
Vortrag am VSA Kanalisationsforum, Zürich 23.05.2013
- Ribi, B. (2005)
Hypsographische Daten von Seen
<http://www.hbuehrer.ch/pdf/Seetopo.pdf>
- Rixen, C. et al. (2011)
Winter Tourism and Climate Change in the Alps: An Assessment of Resource Consumption, Snow Reliability, and Future Snowmaking Potential
Mountain Research and Development, 31, S. 299-236
<http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00112.1>
- Rüegg, P. (2012)
Verkanntes Element Antimon
ETH Life 22.06.2012
http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/120622_antimon_boden_per/index
- Schweizerische Eidgenossenschaft (1957)
Abkommen zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Italienischen Republik über die Nutzbarmachung der Wasserkraft des Spöl
<http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19570089/index.html>
- Seilbahnen Schweiz (2013)
Informationen zur Ausbildung von Pistenfahrzeugführern, Merkblatt
<http://www.suva.ch/merkblatt-pistenfahrzeugfahrerausbildung.pdf>
- Spinnler, D. (2015)
Grösster Kunstschnee-Speicher der Schweiz liegt im Oberengadin. Radiotelevisiun Svizra Rumantscha 20.11.2015
<http://www.srf.ch/news/regional/graubuenden/groesster-kunstschnee-speicher-der-schweiz-liegt-im-oberengadin>
- Städteverband (2015)
Statistik der Schweizer Städte 2015
staedteverband.ch/de/Info/Dokumentation/Statistik_der_Schweizer_Stadte
- Stifel, R. (2014)
Probleme mit den Altlasten
Engadiner Post 29.03.2014
http://dsb.engadinerpost.ch/upload/DSBUserFile/CPN_Engadinerpost/28742_037_2014_03_29.pdf
-

-
- SVGW (2012)
Jahrbuch 2012 – Gas und Wasser Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches, Zürich
zitiert in Stauer
Aqua & Gas, No. 11
- The Golf Environment Organisation (GEO) (o. J.)
Directory of Certified Golf Clubs
https://www.golfenvironment.org/directory?country=&gb_country=&us_state=&ca_province=&category=
- TIWAG (2014)
Gemeinschaftskraftwerk Inn: Ein starker Beitrag zur Tiroler Stromautonomie
https://www.tiroler-wasser-kraft.at/de/hn/oeffentlichkeitsarbeit/aktuelle_meldungen/news/data/06550/index.php
- VBS (2015)
VBS-Kataster belasteter Standorte
<http://www.vbs.admin.ch/internet/vbs/de/home/themen/kbs/0.html>
- Von Pfulstein, M. (2012)
Der neue Flaz – flussbauliches Monitoring an einem aussergewöhnlichen Projekt
Conference Proceedings Interpraevent 2012, Grenoble, S. 385-395
http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2012_1_385.pdf
- Walther, H.-J. (2012)
Abflussregulierung und Entscheidungsfindung im Betrieb – Sicht Wasserkraftbetreiber
Vortrag an der SWV/KOHS-Tagung 2012, Olten
- Werner, S. et al. (2010)
Schwall-Sunk-Regime im Inn unterhalb des Kraftwerks St. Moritz
Studie im Auftrag der St. Moritz Energie AG, Hydra AG, St. Gallen
- Wittl, W. (2013)
Jetzt geht's dahin
Süddeutsche Zeitung 21.07.2013
<http://www.sueddeutsche.de/bayern/dorf-muss-hochwasserschutz-weichen-jetzt-gehts-dahin-1.1727045>
- WWF (2015a)
Thema Sanierung Wasserkraft: Stichwort Erfolge
http://www.wwf.ch/de/projekte/schweiz/wasserprojekte/projekt_wasserkraft/wasserkraft_sanierung.cfm
- WWF (2015b)
Unveröffentlichte Datenauswertung, Zürich

Fotostrecke Kapitel 1 Susanne Dubs

Abb. 1 Marbot et al. (2013) Wiesenbewässerung im Berggebiet

Bericht Forschungsprogramm AgriMontana

<http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?lang=en&aid=31618&pid=31243>

Abb. 6 Adrian Michael

Abb. 7 Fotomontage GKI

<http://www.meinbezirk.at/see/wirtschaft/gki-groesste-kraftwerks-investiton-seit-jahrzehnten-d1150273.html>

Abb. 8 http://lexikon.freenet.de/Lago_di_Livigno

Abb. 9 Gemeindearchiv Samedan

Abb. 10 www.sent-online.ch

Abb. 11 www.sils.ch

Abb. 13 Klaus Lanz

Abb. 14 Klaus Lanz

Abb. 15 Eckhard Kammer

Abb. 16 Marie-Claire Jur, Engadiner Post

Abb. 18 Schweizer Luftwaffe 2010, Luftbilder der Schweiz

http://luftbilder-der-schweiz.ch/images/c/c1/Flaz_2_20104865.jpg

Abb. 19 Eidgenössisches Militärdepartement (1978)

FIAB Schiessplatz S-chanf

<http://www.alexandria.admin.ch/bv001031134.pdf>

Abb. 22 Schweizer Luftwaffe 2013, Luftbilder der Schweiz

http://luftbilder-der-schweiz.ch/images/f/fd/Engadin_Bever_1_20130225.jpg

Abb. 23 Zacharie Grossen

Abb. 24 Klaus Lanz

Abb. 25 Schweizer Luftwaffe 2011, Luftbilder der Schweiz

http://luftbilder-der-schweiz.ch/images/f/f8/Inn_Madulain-Zuoz_1_20112628.jpg

Abb. 26 Klaus Lanz

Abb. 28 Comet Photoshopping GmbH, Dieter Enz

Dank

Zahlreiche Personen haben den Autor bei dieser Studie unterstützt.

Beim **WWF** waren **Ruedi Bösiger, Julia Brändle** und **Anita Mazzetta** für die Erarbeitung des wissenschaftlichen Konzepts mitverantwortlich und bei der Beschaffung und Bewertung von Hintergrund- und Detailinformationen eine grosse Hilfe.

Bei der **WSL** standen **Massimiliano Zappa** und **Luzi Bernhard** für vertiefte fachliche Diskussionen über ihre Klimamodellrechnungen zum Engadin stets zur Verfügung.

Das **Amt für Natur und Umwelt ANU** des Kantons Graubünden ermöglichte das Vorhaben durch die Bereitstellung von Fakten, Daten und Kartenmaterial zu Trinkwasserversorgung und Renaturierungsvorhaben im Engadin. Dabei unterstützten **Josef Hartmann, Marco Lanfranchi, Yves Quirin, David Schmid** und **Mathias Uldack** die Arbeit durch wertvolle Fachgespräche.

Einen unverzichtbaren Beitrag zum Gelingen der vorliegenden Studie haben die für Wasser und Abwasser zuständigen Verantwortlichen der **Engadiner Gemeinden** geleistet, die sich mit der Beantwortung des umfangreichen und detaillierten Fragebogens auseinandergesetzt und so eine wichtige Datenbasis geschaffen haben.

Zahlreiche Personen haben der Verwendung ihrer Fotos in dieser Studie zugestimmt. Sie sind im Verzeichnis der Bildquellen namentlich aufgeführt. All den oben genannten Personen gebührt herzlicher Dank.

Sollten Personen, die den Autor bei der Erarbeitung bei dieser Studie unterstützt haben, an dieser Stelle nicht erwähnt sein, ist dies ein Versehen.

Besonders danken möchte der Autor **Angelika Abderhalden** für die Durchführung der Umfrage bei den Engadiner Gemeinden, die Konzeption des vertiefenden Workshops in Zernez im März 2015 und die Unterstützung in allen Phasen des Forschungsvorhabens. Ohne ihre tatkräftige Hilfe wäre diese Studie nicht möglich gewesen.

Schliesslich bedankt sich der Autor bei **Susanne Dubs** für das sorgfältige und lesefreundliche Layout und die grosszügige Bereitstellung von Bildmaterial.

Die vorliegende vom WWF Schweiz beauftragte Studie vermittelt einen Überblick über die Wasserressourcen des Engadins und ihre vielfältige Nutzung. Sie fokussiert dabei auf Lösungsansätze für bestehende und mögliche zukünftige Konflikte zwischen verschiedenen Nutzungsinteressen.

Die Studie beruht auf einer detaillierten Umfrage zur Wassersituation bei den Engadiner Gemeinden, der Auswertung von Daten des Amtes für Umwelt und Natur des Kantons Graubünden (ANU), dem Wasserversorgungsatlas des Bundes sowie zahlreichen Gesprächen mit betroffenen Akteuren.

Um Aussagen zur Wasserverfügbarkeit auch für die kommenden Jahrzehnte machen zu können, wurde im Rahmen der Studie die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) beauftragt, Modellrechnungen für das Wassergeschehen in den 55 Teileinzugsgebieten des Engadins durchzuführen. Diese erstmals in hoher Auflösung vorliegenden Berechnungen werden in der Studie umfassend berücksichtigt.

Im Ergebnis beschreibt die Studie für jede relevante Wassernutzung im Engadin, wie sie die natürlichen Gewässer und andere Nutzungen beeinflusst. Sie bietet damit Grundlagen für eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Wasserbewirtschaftung des Engadins und gibt Empfehlungen für eine mögliche Anpassung der Wassernutzungen an Klimawandel und gesellschaftliche Entwicklungen im 21. Jahrhundert.

Dr. Klaus Lanz
International Water Affairs
Hauptstrasse 1B
CH-2533 Evilard, Switzerland
ph +41 (0) 32 361 23 41
mail@klaus-lanz.ch
www.klaus-lanz.ch

Der Autor

Dr. Klaus Lanz ist Leiter des unabhängigen Forschungsinstituts International Water Affairs in Evilard. Seit über 20 Jahren berät er Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu strategischen Wasserfragen. Bei der Erarbeitung der vorliegenden Studie konnte er sich auf die aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnisse des Nationalen Forschungsprogramms **Nachhaltige Wassernutzung** abstützen, für das er bis 2014 tätig war.
