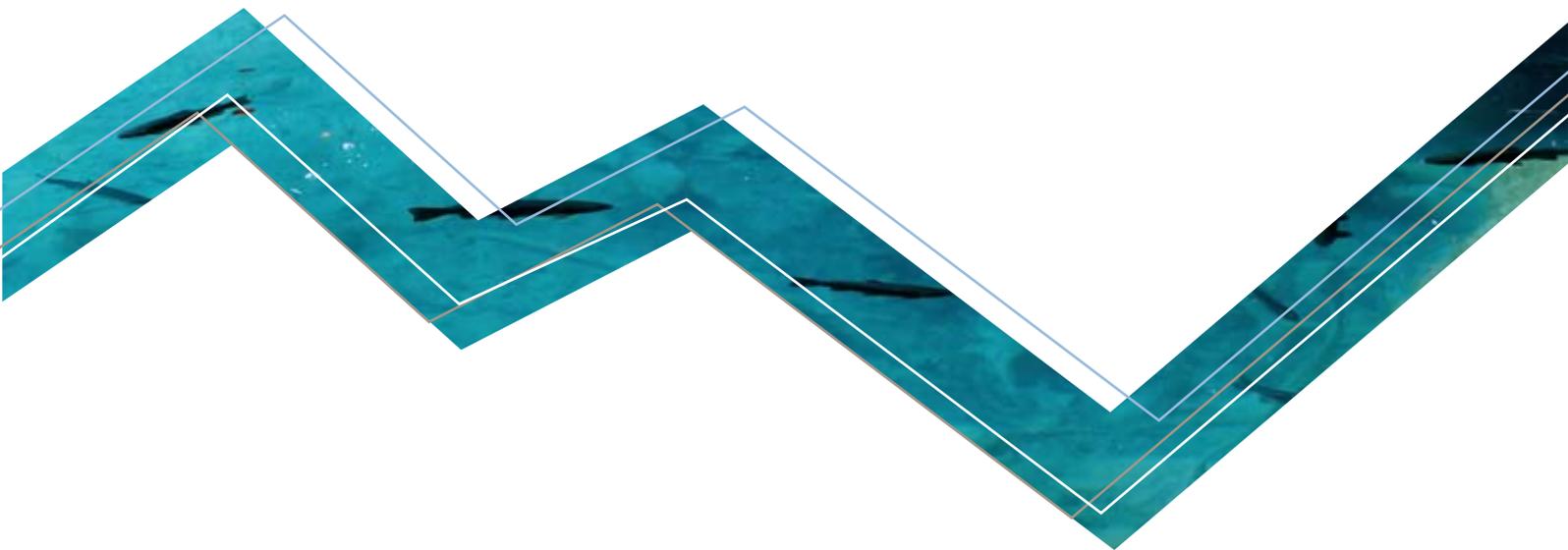


**COMPACT**

**NR 03/2011**

# **WASSER IM KLIMAWANDEL**

**EIN HINTERGRUNDBERICHT DER CIPRA**



**CIPRA**



# INHALTSVERZEICHNIS

1	<b>EINLEITUNG</b>	3
2	<b>CIPRA-FORDERUNGEN ZUR WASSERWIRTSCHAFT</b>	4
3	<b>KLIMAWANDEL UND WASSERWIRTSCHAFT</b>	7
3.1	WASSERVERFÜGBARKEIT UND WASSERBEDARF	7
3.2	DIE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS	10
3.3	MASSNAHMEN ZUR BEWÄLTIGUNG DES KLIMAWANDELS	16
3.4	POLITISCHE ASPEKTE DER UMSETZUNG VON KLIMAMASSNAHMEN	20
4	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	25
5	<b>GOOD PRACTICE-BEISPIELE</b>	27
6	<b>WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN</b>	34

## Impressum

Herausgeber: CIPRA International,  
Im Bretscha 22, FL-9494 Schaan  
T +423 237 53 53, F +423 237 53 54  
[www.cipra.org](http://www.cipra.org)

Autor: Antonio Massarutto,  
Universität Udine

Übersetzerin: Petra Dederichs

Design: IDconnect AG

Layout: Carole Piton

Titelbild: Joujou / pixelio.de

September 2012

## cc.alps in Kürze

Das Projekt «cc.alps – Klimawandel: einen Schritt weiter denken!» wird von der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA getragen und von der MAVIA-Stiftung für Natur finanziert. Die CIPRA trägt mit dem Projekt dazu bei, dass Klimamassnahmen im Alpenraum mit dem Prinzip der nachhaltigen Entwicklung in Einklang stehen.

[www.cipra.org/de/cc.alps/ergebnisse/compacts](http://www.cipra.org/de/cc.alps/ergebnisse/compacts)

Die Übersetzung ins Deutsche und der Druck wurden finanziert vom deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

## EINLEITUNG

Mit dem Projekt «cc.alps – Klimawandel: einen Schritt weiter denken!» stellt die Internationale Alpenschutzkommission CIPRA Klimamassnahmen in den Alpen auf den Prüfstand. Die CIPRA sammelt Aktivitäten zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung in den Alpen (im Weiteren Klimamassnahmen) und untersucht, welche Auswirkungen sie auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft haben. Ziel der CIPRA ist es, jene Klimamassnahmen einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen, die mit den Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung im Einklang stehen und vor jenen Klimamassnahmen zu warnen, die negative Folgewirkungen auf Natur und Umwelt, aber auch auf das soziale Gefüge und die Wirtschaft haben.

Die «CIPRA compact» Reihe umfasst mehrere Themenhefte, die sich kritisch mit Klimamassnahmen in den Alpen auseinandersetzen. Neben Wasser werden auch die Bereiche Energie, Bauen und Sanieren, energieautarke Regionen, Raumplanung, Verkehr, Naturschutz, Landwirtschaft, Tourismus und Waldwirtschaft behandelt.

Das CIPRA compact «Wasser im Klimawandel» befasst sich mit den bereits ergriffenen und den geplanten Klimamassnahmen im Bereich «Wasser». In Kapitel 2 sind die wichtigsten Forderungen der CIPRA gegenüber den aktuellen Entwicklungen in diesem Bereich angesichts der Rolle der Alpenregion als «Wasserschloss Europas» und der zu erwartenden Folgen des Klimawandels dargelegt. Kapitel 3 beginnt mit einem Überblick über den Bereich «Wasser» und die prognostizierten Folgen des Klimawandels in der Region sowie einer Kurzbeschreibung anderer damit verbundener Entwicklungen im Bereich der Wasserwirtschaft. Es folgt ein Resümee der Reaktionen der verschiedenen beteiligten Akteure auf die Situation, an das sich eine Analyse der Klimamassnahmen anschliesst; zum Schluss wird auf die für notwendig erachteten Änderungen in der Politik eingegangen. Kapitel 4 enthält eine Kurzdarstellung der aktuellen Situation sowie die wichtigsten Schlussfolgerungen des Autors. In Kapitel 5 werden Modellprojekte beschrieben, die wirksame und den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung genügende Lösungsansätze für die Bewältigung der Folgen des Klimawandels (und anderer damit zusammenhängender Entwicklungstrends) bieten. In Kapitel 6 sind einschlägige Quellen und Links aufgeführt.

# EFFIZIENZSTEIGERUNG STATT NATURZERSTÖ- RUNG!

## CC.ALPS: CIPRA-FORDERUNGEN ZUM WASSER

Die Alpenflüsse versorgen 170 Millionen Menschen mit Wasser. Der Klimawandel wird die Verfügbarkeit von Wasser in den Alpen und darüber hinaus massiv einschränken. Weniger Regen, zunehmende Trockenheit im Sommer und deutlich geringere Schneefälle im Winter sind nur einige der prognostizierten Folgen. Entsprechend werden die Ansprüche an die Nutzung der Ressource Wasser steigen, und die Konkurrenz zwischen den verschiedenen Nutzergruppen wird zunehmen.

Nur noch rund 10 Prozent der Fließgewässer in den Alpen können als ökologisch intakt bezeichnet werden – sind also weder verschmutzt oder verbaut noch in ihrem Abflussgeschehen gestört. Die ökologische Qualität der Gewässer und ihrer Lebensräume muss deshalb verbessert und nicht weiter verschlechtert werden. Wir dürfen nicht zulassen, dass unter dem Deckmantel des Klimaschutzes oder der Anpassung an den Klimawandel die letzten Flüsse verbaut oder durch übermäßige Wasserentnahme belastet werden. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie ist – gemeinsam mit weiteren auf den Naturerhalt ausgerichteten Gesetzen wie beispielsweise die Fauna Flora Habitat-Richtlinie oder die Vogelschutzrichtlinie – ein gutes Instrument für einen sorgsamen Umgang mit dem Wasser und für einen Erhalt und eine Verbesserung der Gewässerökosysteme.

Die CIPRA fordert:

### Stoppt den Wahnsinn bei der Wasserkraft! Kein «Endausbau»

In mehreren Alpenländern bestehen Pläne für den Ausbau der Wasserkraft. Mit dem Argument des Ausstiegs aus der Kernenergie soll – anstelle einer Politik des Energiesparens und der Energieeffizienz – die letzten noch naturnahen Fließgewässer in den Alpen zerstört werden. Anstelle eines solchen «Endausbaus» auf Kosten der Natur plädiert die CIPRA für die Modernisierung bereits bestehender Wasserkraftwerke unter gleichzeitiger Berücksichtigung ökologischer Begleitmassnahmen. Dadurch kann die Energieeffizienz kurzfristig auf das Anderthalbfache gesteigert werden – es gibt Beispiele, wo eine Modernisierung gar zu einer Verdreifachung der Stromproduktion geführt hat und die ökologische Situation dank Begleitmassnahmen sogar wieder verbessert wurde. Bei allen Massnahmen zur Sanierung von Kraftwerken muss jedoch die Umweltverträglichkeit geprüft und gewährleistet werden, oder – wenn Eingriffe unvermeidlich

sind – nach der Wasser-Rahmenrichtlinie der EU und den nationalen Gesetzen ausgeglichen werden. Die gesetzlichen Bestimmungen zur Förderung von Ökostrom müssen so geändert werden, dass Effizienzsteigerungen und Optimierungen vorhandener Wasserkraftwerke stärker und umweltschädigende Neubauten nicht gefördert werden.

#### Kleine Kraftwerke – grosse Schäden! Small ist nicht immer beautiful

Der unkoordinierte Boom von Kleinwasserkraftwerken ist vielerorts auf eine undifferenzierte, nicht auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Förderung der alternativen Energien zurückzuführen. Das führt dazu, dass für relativ geringen Energiegewinn grossflächig ökologische Schäden angerichtet werden. Der Anteil der Kleinwasserkraftwerke an der Produktion ist bescheiden: 75 Prozent der Wasserkraftanlagen liefern gerade einmal 4 Prozent der in den Alpen aus Wasserkraft produzierten Energiemenge. Die Bewilligung von neuen Kleinwasserkraftwerken muss deshalb von der Einhaltung hoher ökologischer Standards abhängig gemacht werden, die Förderung muss klar auf Nachhaltigkeit und Naturverträglichkeit ausgerichtet werden.

#### Wasser ist keine private Angelegenheit

Wasser ist keine übliche Handelsware sondern ein ererbtes Gut, das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss. Die ansässige Bevölkerung und die von den Wasservorkommen der Alpen abhängige Bevölkerung außerhalb des Alpenraums haben einen Anspruch auf den Zugang zu genügend Trinkwasser von guter Qualität. Ihre Versorgung mit Wasser ist eine grundlegende Aufgabe der öffentlichen Hand, die nicht durch Privatisierungen gefährdet werden darf.

#### Good governance statt Kirchturmpolitik

Das Wassermanagement muss professionalisiert werden. Die Bedürfnisse aller Betroffenen sind wichtig. Deshalb darf die Hoheit über die Gewässer nicht ausschliesslich einzelnen Entscheidungsträgern wie beispielsweise den Gemeinden überlassen werden sondern ist auf höherer Ebene anzusiedeln. Die Zusammenarbeit auf Ebene der Gewässereinzugsgebiete, wie sie die EU-Wasserrahmenrichtlinie vorsieht, gewährleistet den Einbezug Aller. Die Wasseragenturen in Frankreich machen vor, wie das geht und dass es funktioniert.

#### Verschwendung und Luxusnutzungen eindämmen

Es gibt viele mögliche Massnahmen zum sparsameren Wasserverbrauch. So kann die Tröpfchenbewässerung von hochwertigen Landwirtschaftsprodukten wie Obst oder Wein bei geringerem Wasserverbrauch mehr Wertschöpfung bringen als beispielsweise die verschwenderische Bewässerung von Getreidefeldern. Auch im Haushalt gibt es mit der Nutzung von Regenwasser für Toilettenspülung oder Gartenbewässerung sinnvolle Alternativen. Im Tourismus dürfen neue Anlagen wie Resorts nur bewilligt werden, wenn nachgewiesen ist, dass ihre Ansprüche an die

Wassernutzung bestehende Nutzungen nicht konkurrenzieren und ökologisch verträglich sind. Die Anpassung an den Klimawandel erfolgt hier in erster Linie über die bessere Verteilung der Tourismusaktivitäten auf alle Jahreszeiten sowie über die Entwicklung naturverträglicher Alternativen zum Skitourismus. Der vermehrte Einsatz von Schneekanonen – ständige Neuinstallationen von Beschneiungsanlagen und gleichzeitiges Ausdehnen ihrer Betriebsdauer – hingegen ist insbesondere auf Grund des inakzeptablen Verbrauchs von Wasser und Energie als Konterkariierung des Klimaschutzes zu betrachten. Die CIPRA fordert deshalb den Verzicht auf die Förderung von Schneekanonen durch die öffentliche Hand.

### Alpenweite Strategie

Die CIPRA fordert die Vertragsparteien der Alpenkonvention auf, sich auf eine gemeinsame alpenweite Strategie für einen nachhaltigen Umgang mit dem Wasser und den Gewässer-Lebensräumen zu einigen. Diese Strategie soll beinhalten, die Effizienz von bestehenden Kraftwerken zu verbessern und diese bei Bedarf unter Berücksichtigung der Anforderungen der Gewässerökologie auszubauen. Sie soll aber auch einen alpenweiten Verzicht auf neue grosse Stauseen sowie die Einschränkung des unkoordinierten Booms von Kleinkraftwerken vorsehen.

Als wesentliche Grundlage für die Umsetzung dieser Strategie bedarf es einer alpenweiten Ausweisung jener Fließgewässerabschnitte, die noch in ökologisch funktionsfähigem Status erhalten sind (hydro-morphologisch und biologisch intakte Gewässerbereiche) oder hohes Regenerationspotenzial besitzen. Sie sind als Tabuzonen für nicht nachhaltige Eingriffe und Nutzungen wie Kraftwerksprojekte, intensive Nutzungen der Auengebiete etc. auszuweisen.

Schaan, Dezember 2011

# KLIMAWANDEL UND WASSERWIRTSCHAFT

## 3.1

## WASSERVERFÜGBARKEIT UND WASSERBEDARF

Die Alpen werden stets als »Wasserschloss Europas« bezeichnet. Im Herzen des Kontinents gelegen, sind sie das Quellgebiet vieler national bedeutender Flüsse wie des Rheins in Deutschland, der Rhône in Frankreich sowie in Italien des Po, der Etsch und kleinerer in die obere Adria mündender Flüsse wie z. B. des Isonzo (slowenisch: Soča), den sich Italien mit Slowenien teilt. Das Donaubecken nimmt für sich allein den nordöstlichen Teil der Alpen ein; seine Flüsse durchqueren 14 Länder.

Die in den Alpen entspringenden Flüsse stellen einen massgeblichen Teil des Gesamtabflusses der Einzugsgebiete dar und versorgen 170 Millionen Menschen mit Wasser. Die Alpen sorgen für gleichmässigeren Abflussverläufe: Der Schnee, die Gletscher, Böden und Seen – ergänzt durch Stauseen – sind die wichtigsten abflusspendenden Quellen während des Sommers, namentlich im Süden. Deshalb besteht zwischen den Alpen und den Anrainerregionen eine enge Wechselbeziehung: Die Tiefebene werden durch stromaufwärts stattfindende Veränderungen der Wasserzufuhr beeinflusst und die Alpen durch stromabwärts getroffene Entscheidungen. Insgesamt sind die Alpen aus EU-Sicht wasserreich. Der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 1.609 mm und ist damit mehr als doppelt so hoch wie der EU-Durchschnitt von 780 mm. Selbst die ‚trockensten‘ Gebiete, insbesondere in den inneren Alpen wie z. B. dem Wallis in der Schweiz, verzeichnen Niederschlagshöhen von 500-1.000 mm, während andere bis zu 1.500 - 2.700 mm erreichen (EEA, 2009a; Alpenkonvention, 2009).

Bei der Wassernutzung entfallen 75 Prozent der Entnahmen auf die Wasserkraft, gefolgt von der öffentlichen Wasserversorgung (rund 10 Prozent), der landwirtschaftlichen Bewässerung und der Industrie. Zunehmende Bedeutung gewinnen die sogenannten ‚nichtkonsumtiven‘ Nutzungen, d. h. die von der Gewässerumwelt bereitgestellten ökosystemaren, erholungs- und landschaftsbezogenen Dienstleistungen. Die beiden üblicherweise zur Abschätzung des Wasserstress verwendet Indikatoren (Wasserverfügbarkeit pro Einwohner und Wasserverbrauchsindex WEI (Water Exploitation Index), d. h. der Quotient aus den jährlich entnommenen Wassermengen und den insgesamt verfügbaren Wasserressourcen) liegen nur auf nationaler Ebene vor. Betrachtet man die Schweiz und Österreich als repräsentativ für die Alpenregion, beläuft



© Georges Bortz / pixelio.de



© Anita Wyss

### Fotos 1 + 2:

3600 Quadratkilometer Gletschervorkommen gibt es in den Alpen.

Das Wasser der Alpen versorgt Millionen von Menschen auch im Flachland.

sich die nutzbare Süsswassermenge auf 7.500 bzw. 10.500 m<sup>3</sup> pro Einwohner (europäischer Durchschnitt: 4.200 m<sup>3</sup>), während der WEI bei rund 5 Prozent und somit weit unter dem Schwellenwert für Wasserstress von 40 Prozent liegt.

Auf lokaler Ebene stellt sich die Situation anders dar. Die Ressource Wasser ist ungleichmässig verteilt, und der menschliche Einfluss konzentriert sich vielfach auf Gebiete, die nicht in der Lage sind, den bestehenden Bedarf zu decken. Dabei ist es in Bergregionen schwierig und kostspielig, solche Bedarfslücken zu schliessen. In früheren Zeiten entstanden menschliche Siedlungen in Regionen, in denen die Wasserressourcen den Bedarf der Bevölkerung deckten und in denen der Schutz vor Katastrophen einfacher war – ein nachhaltiges Gleichgewicht. Während des letzten Jahrhunderts jedoch hat die Regionalentwicklung kaum auf wasserwirtschaftliche Aspekte Rücksicht genommen, z. B. in Zusammenhang mit touristischen Einrichtungen in Hochgebirgsregionen. Die Empfindlichkeit der alpinen Umwelt sowie die orographie- und klimabedingten Hindernisse vergrössern die Unsicherheit der Wasserversorgung.

Der Wasserbedarf ist schon immer durch die räumlichen Entwicklungstrends in den Alpen beeinflusst worden. In den letzten 30 Jahren zeichneten sich diese sowohl durch eine vermehrte Polarisierung und Konzentration von Bevölkerung und Entwicklung rund um die Hauptballungszentren / Tourismushochburgen als auch durch eine regionale Integration, die Konzentration der wirtschaftlichen Aktivitäten auf eine geringere Anzahl von Gebieten und eine zunehmende Spezialisierung der Randzonen als Pendlerkommunen aus (Pfefferkorn et al., 2005). Obwohl die Region nicht als wasserarm zu bezeichnen ist, können Alpengemeinden unter bestimmten Umständen, d. h., wenn das natürliche Wasserdargebot gering und der Bedarf hoch ist, bereits in Bedrängnis geraten. Deshalb sind eine eher ressourcen- als bedarfsorientierte Bewirtschaftung und die Abschätzung der Wasserverfügbarkeits- und -knappheitssituation auf lokaler Ebene von entscheidender Bedeutung.

In qualitativer Hinsicht ist der Zustand der Wasserressourcen in den Alpen generell viel besser als in den Unterliegergebieten; Probleme können aufgrund der Konzentration der Abwasserleitungen aus Siedlungen insbesondere bei niedriger Wasserführung entstehen (Alpenkonvention, 2009). Die Richtlinien der EU haben zu deutlichen Verbesserungen im Bereich der Abwasserbehandlung geführt. Die diffuse Verschmutzung, überwiegend aus landwirtschaftlichen Quellen, ist in der Alpenregion weniger gravierend als in den Unterliegerregionen, doch sie kommt auch hier vor, insbesondere in Gebieten mit landwirtschaftlicher Intensivbewirtschaftung wie z. B. Bayern. Die Eutrophierung der Seen ist dank der Behandlung und schadlosen Abführung der Abwässer, begünstigt durch die touristische Entwicklung und die gesetzlichen Anforderungen an die Qualität der Badegewässer, fast ganz zum Stillstand gekommen.

### Die Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie WRRL der EU (Richtlinie 2000/60/EG) ist ein



**Foto 3:**  
Im gesamten Alpenraum sind nur noch knapp zehn Prozent der Gesamtstrecke der wichtigsten Flüsse in einem natürlichen oder naturnahen Zustand.

Meilenstein in der europäischen Wasserpolitik. Sie hat den Schutz der Gewässer zu einem vorrangigen Anliegen gemacht und sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2015 alle Wasserkörper zu schützen und in einen ökologisch, chemisch und quantitativ guten Zustand zu versetzen. Sie macht u. a. zur Auflage, dass alle Aspekte der Wasserwirtschaft auf Einzugsgebietsebene im Rahmen von Plänen für die integrierte Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten (Integrated River Basin Management, IRBM) geregelt werden, und legt besonderen Nachdruck auf ökonomische Ansätze und die Beteiligung der breiten Öffentlichkeit. Im Fall der Alpen betrifft dies sowohl die Belastungen der Wasserressourcen als auch ihre Anpassungsfähigkeit.

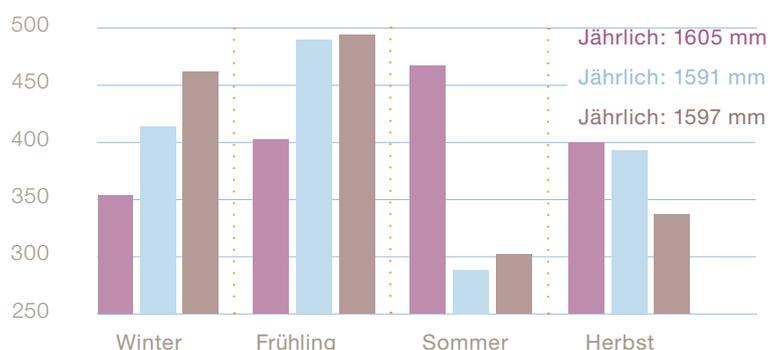
Die für alle Wassernutzungen geltenden Auflagen sind erheblich: Viele müssen eingeschränkt werden, und viele andere Belastungen wie etwa die Verschmutzung durch Pestizide sollen verringert werden oder ganz verschwinden. Erhebliche Abflussmengen werden in die Flüsse zurückgeführt, und viele künstliche Bewirtschaftungssysteme müssen abgebaut oder angepasst werden. Die Bemühungen konzentrieren sich auf die Wiederherstellung der natürlichen Lebensräume und der ökologischen Funktionen, begleitet von einer verstärkten Nachfrage nach Ökosystemdienstleistungen, mit möglicherweise grundlegenden Änderungen in den Flächennutzungsstrukturen. Das Gebot der Vollkostendeckung – unter Einbeziehung von Umweltexternalitäten und Ressourcenknappheit – dürfte erhebliche Auswirkungen haben. Nachfrage darf nicht einfach als ein Bedürfnis betrachtet werden, das ohne Rücksicht auf die Kosten befriedigt werden muss. Der potenzielle Wert muss gegen die Gesamtheit der Kosten abgewogen werden, und diese Kosten müssen so weit wie möglich an die Verbraucher weitergegeben werden.

Auch der Umstieg auf eine partizipative Form der Bewirtschaftung auf Einzugsgebietsebene wird Konsequenzen haben. Die bisher erzielten

**Abbildung 1:**  
Veränderungen im saisonalen Niederschlag in den Alpen 2071 – 2100 bei verschiedenen Emissionsszenarien

**Saisonaler Niederschlag (mm)**

**VERÄNDERUNGEN IM SAISONALEN NIEDERSCHLAG IN DEN ALPEN\***



\* 2071 – 2100 bei verschiedenen Emissionsszenarien (HIRHAM Regional Circulation Model)

Quelle: Beniston, M. (2006)

Fortschritte sind zwar von Land zu Land unterschiedlich, doch alles in allem setzt sich die integrierte Flusseinzugsgebietsbewirtschaftung (IRBM) zunehmend als Grundprinzip für Entscheidungsprozesse, Bewirtschaftung und Problemwahrnehmung durch. Durch ein partizipatives IRBM können Massnahmen verhindert werden, die sich besonders stark auf die schwächsten Gebiete auswirken: In der Vergangenheit sind viele im Namen der industriellen Entwicklung geförderten Grossprojekte trotz massiver negativer Auswirkungen auf die Gemeinden durchgeführt worden. IRBM bedeutet, dass Problembehandlung und Lösungsfindung gemeinsam auf Einzugsgebietsebene stattfinden, und unterstützt somit die Interdependenz zwischen Oberliegern und Unterliegern. Diese Vergrösserung der Massstabsebene trägt der Notwendigkeit Rechnung, Kompromisse zwischen unterschiedlichen Interessen (konkurrierenden Sektoren und Regionen) zu finden. Besonders wichtig für die Alpen ist in diesem Zusammenhang der Aufbau einzugsgebietsbezogener Institutionen, in denen die Alpenregionen und ihre Interessenvertreter die gebotene Aufmerksamkeit erhalten und angemessenen politischen Einfluss ausüben können.

### 3.2 DIE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS

Nach Angaben der Europäischen Umweltagentur (EEA, 2009a) und der Alpenkonvention (2009) war in der Alpenregion im 20. Jahrhundert ein Temperaturanstieg von 2 °C zu verzeichnen – mehr als das Doppelte des Anstiegs auf der nördlichen Halbkugel und das Doppelte des europäischen Durchschnitts. Für dieses Jahrhundert wird ein weiterer Anstieg um 2,6 bis 3,9 °C erwartet, der ebenfalls deutlich höher liegt als die prognostizierten Mittelwerte für Europa (EEA, 2009a). Neben Veränderungen der saisonalen Temperaturvariabilität lassen die Projektionen eine Abnahme der gesamten Niederschlagsmenge und das vermehrte Auftreten von Extremereignissen (Dürren, Hochwasser usw.) erkennen.

#### 3.2.1 DIE AUSWIRKUNGEN AUF DAS HYDROLOGISCHE SYSTEM

Den Vorhersagen zufolge wird sich der Klimawandel im Laufe dieses Jahrhunderts spürbar auf den Wasserhaushalt der Alpen auswirken: Es ist mit einer Abnahme der Regenfälle um 1 bis 11 Prozent zu rechnen, während die Auftretenshäufigkeit von Sommertrockenheit (mehr als fünf aufeinanderfolgende Tage ohne Niederschläge) um 36 Prozent zunehmen wird, wobei die Zunahme in den nördlichen Alpen, wo sie derzeit weniger häufig auftritt, vergleichsweise höher sein wird. Die Schneemenge wird sich aller Voraussicht nach drastisch verringern: um 40 Prozent im Norden und um 70 Prozent im Süden (EEA, 2009a). Die Ergebnisse der von Beniston (2006) durchgeführten Untersuchungen zu den prognostizierten Veränderungen im saisonalen Niederschlag sind in Abbildung 1 wiedergegeben.

Durch den Temperaturanstieg im Zusammenspiel mit den veränderten saisonalen Niederschlagsmustern wird sich der Abfluss dramatisch verändern. Weniger Schnee und mehr Regen im Winter bedeutet zwangsläufig, dass es zu einer deutlichen Zunahme des Winterabflusses (um bis zu 19 Prozent) und einer entsprechenden Abnahme des Abflusses im Frühjahr

(um 17 Prozent) und insbesondere im Sommer kommen wird (prognostizierte Verringerung um 55 Prozent im Süd- und Zentralalpenraum bis Ende 2100). Das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2007) in Deutschland ist zu einem etwas anderen Ergebnis gekommen: nahezu konstante Jahressummen mit saisonalen Abweichungen von +15 bis +30 % im Winter, +23 bis +24 % im Frühjahr, -36 bis -39 % im Sommer und -1 bis -15 % im Herbst.

Auf kurze Sicht können diese Abflussveränderungen durch das Abschmelzen der Gletscher und das Auftauen des Permafrosts ausgeglichen werden. Auf lange Sicht jedoch besteht Grund zur Sorge, was den Fortbestand dieses gigantischen Wasserspeichers betrifft. Seit 1980 haben die Gletscher 20 bis 30 Prozent ihrer Eismasse verloren; allein den Spitzentemperaturen des Sommers 2003 ist der Verlust von 10 Prozent der restlichen Eismasse zuzuschreiben. Nach Aussage von Haeberli (2009) kann sich die verbleibende Gletscherfläche bis 2050 um 50 bis 75 Prozent verringern. Es ist damit zu rechnen, dass es im Zusammenwirken mit der tiefgründigen Permafrosterwärmung zu einer dramatischen Veränderung der Abflussdynamik und einer zunehmenden Gefährdung durch Felsstürze und Gletscherseeausbrüche kommt, wie im Berner Oberland und im Saastal im Schweizer Wallis bereits geschehen. Diese Ereignisse dürften in ihrer Ausprägung von den historischen Trends abweichen und können nicht anhand von Vergangenheitsdaten modelliert werden.



Foto 4:

Finanzielle Anreize im Rahmen von Gesetzen über Erneuerbare Energien verstärken den Ansturm auf neue Bauvorhaben.

Auch die Grundwasserstände sind im Verlauf des 20. Jahrhunderts systematisch gesunken: Nach den Feststellungen von Harum et al. (2007) sind die Grundwasserpegel in einigen Regionen der südlichen Alpen innerhalb von 100 Jahren um 25 Prozent gefallen. Dies ist zwar in erster Linie auf verstärkte Grundwasserentnahmen, die Undurchlässigkeit des Untergrunds und Entwässerungsmassnahmen zum Schutz von Siedlungsgebieten zurückzuführen (EEA, 2009), doch auch der Klimawandel ist ein zu berücksichtigender Faktor. Dieser Bereich ist noch wenig erforscht, und Grundwasserdaten aus Modellierungen sind schwierig zu interpretieren; allerdings weisen schweizerische Untersuchungen darauf hin, dass mit einem weiteren geringfügigen Absinken der Pegel zu rechnen ist (OcCC/ProClim (ed.), 2007).

Auch eine erhöhte Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen, verbunden mit Bodenerosion, Erdbeben und Sedimentation, ist mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht worden (EEA, 2009). Allerdings ist in der Frage, ob die jüngsten Erdbeben in den Alpen durch natürliche Prozesse bedingt sind oder ob sie mit den klimatischen Veränderungen zusammenhängen, die Beweislage nicht eindeutig.

### 3.2.2

#### DIE AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT

Die Veränderungen im Wasserkreislauf wirken sich auch auf Natur und Umwelt und auf die damit verbundenen ökosystemaren Dienstleistungen aus. Man schätzt, dass die Temperatur- und Schneedeckenveränderung zu einem Hochwandern der Pflanzengemeinschaften führen wird, die

sich in einer kleineren alpinen Zone zusammendrängen; ausserdem ist mit erheblichen Verlusten bei den endemischen Arten zu rechnen (EEA, 2009a). Die verringerten Sommerabflüsse können hydromorphologische Veränderungen hervorrufen, wie etwa eine Unterbrechung der Durchgängigkeit von Fließgewässern, was zu einer verringerten Fähigkeit zur Unterstützung von biologischen Gemeinschaften führt und dramatische Auswirkungen auf die alpinen Ökosysteme hat (vgl. compact Naturschutz). Ausserdem werden die Wassertemperaturen an der Oberfläche der Alpenseen steigen und eine Verstetigung der Zirkulationsbedingungen bewirken, wodurch sich der Sauerstoffgehalt und die Bedingungen für Mikroorganismen, Fische usw. in den Seen verändern.

### 3.2.3 KLIMAWANDEL UND WASSERBEDARF

Eine Erhöhung der Nachfrage nach Alpenwasser kann sich nicht nur dadurch ergeben, dass der Wasserbedarf innerhalb der Alpenregion selbst steigt, sondern dass Knappheiten in Unterliegergebieten ausgeglichen werden müssen. Der Klimawandel interagiert mit beiden Faktoren, die auch von allgemeinen Entwicklungstrends abhängig sind. Bei der Betrachtung der künftigen Folgen müssen wir die kurzfristigen Trends für die Hauptbelastungsfaktoren bewerten und prüfen, inwieweit sich der Klimawandel auf sie auswirken könnte; auch technische Verbesserungen müssen berücksichtigt werden. Die kombinierte Wirkung wird von den lokalen und sektoralen Umständen abhängen.

Es gibt bereits eine Vielzahl von Untersuchungen über die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft (Smith et al., 2009) und für den Alpenraum im Besonderen (EEA, 2009a; Alpenkonvention, 2009). Man rechnet damit, dass durch den Klimawandel der Druck auf die Wassernachfrage in allen Bereichen steigen wird, um die Abnahme oder geringere Häufigkeit der Regenfälle auszugleichen. Infolge des Absinkens des Grundwasserspiegels, des Versiegens von Brunnen und einer geringeren Quellschüttung in kritischen Jahreszeiten kann der Zugang zu Wasser auf lokaler Ebene zunehmend Schwierigkeiten bereiten. Auch die Struktur der Wasserwirtschaftssysteme dürfte betroffen sein: Ein grösserer Teil der Bevölkerung wird vermehrt auf die öffentliche Wasserversorgung anstatt auf eine private Versorgung (Brunnen, Quellen) zurückgreifen müssen (was nach Aussage von Oberauner et al., 2006 bereits in der östlichen Steiermark in Österreich der Fall ist). Viele öffentliche Systeme müssen vernetzt werden und gemeinsam zuverlässigere Versorgungsquellen nutzen, wofür vergrösserte Bewirtschaftungseinheiten benötigt werden, die grössere geografische Gebiete abdecken.

#### **Wasserkraft**

Der Ausbau der Wasserkraft wurde im vergangenen Jahrhundert massiv vorangetrieben. Aufgrund des auf sie entfallenden Anteils von 75 Prozent der Wasserentnahmen in den Alpen sind ihre Auswirkungen gravierend, was in allen Ländern zu einer zunehmenden Regulierungsdichte geführt hat. Nach einer relativen Stagnation in den 1980/90er Jahren hat die Nachfrage nach Genehmigungen für den Bau neuer Anlagen und den



**Foto 5:**

Dass das Wasser auch die nächsten Jahre stetig und kostenlos fließt, kann momentan nicht gewährleistet werden.

Ausbau der vorhandenen Kapazitäten rasant zugenommen; Beispiele sind der Standort Ravedis in Friaul (Italien), verschiedene Grossprojekte der TIWAG (Tiroler Wasserkraft AG) in Tirol (Österreich), Projekte in Slowenien (an den Flüssen Idrijca, Trebuša und Soča) und viele Neuvorhaben in der Schweiz. Auch bei den kleinen Laufwasserkraftwerken nehmen die Genehmigungsanträge rapide zu, und es dürfte bald eine kritische Grenze in Bezug auf Niedrigwasserstände, Unterbrechung der Gewässerdurchgängigkeit und Änderung der Morphologie erreicht sein. Daher beschränken die Wasserbehörden aller Länder bereits die Anzahl der Lizenzen und stellen höhere Anforderungen an Mindestabflussmengen und Sorgfaltspflichten. Der Nachfrageboom ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass Grosswasserkraftwerke in der Lage sind, im Rahmen der zunehmend vernetzten europäischen Stromnetze und -märkte in Spitzenlastzeiten zusätzlichen Strom zu liefern. Die betreffenden Kraftwerke werden sich wahrscheinlich auf die Erzeugung solch hochwertiger Energie spezialisieren, mit dem Ergebnis, dass sich der potenzielle wirtschaftliche Wert der Wasserspeicherung in Stauseen deutlich erhöhen und der Trend zur Pumpspeicherung verstärken wird. Auch der Klimaschutz ist ein wichtiger Faktor: Wie alle anderen erneuerbaren Energien ist die Wasserkraft stark subventioniert; über 50 Prozent der Erträge aus Kleinwasserkraftanlagen stammen aus direkten und indirekten Subventionen, wodurch ein ökonomischer Anreiz für neue Projekte geschaffen wird (Bano und Lorenzoni, 2008).

Trotz dieses Nachfragebooms sind Anzeichen für abnehmende Erträge zu erkennen: Die höhere Energiemenge, die durch Erweiterung der vorhandenen Kapazität erzeugt werden kann, ist relativ gering, während die Umweltauswirkungen (in Bezug auf die Länge betroffener Flussabschnitte und künstliche Veränderung der Abflüsse) proportional höher sind. Generell ist bei der Erteilung neuer Genehmigungen Zurückhaltung geboten, und es bedarf strengerer Vorschriften für bereits erteilte Genehmigungen, d. h. verbindliche Mindestabflussmengen und Wiederherstellung des Fließgewässerkontinuums und der natürlichen Morphologie.

In dieser komplexen Situation aus Beschränkung und Ausbau könnte der Klimawandel eine Entlastung bringen, da sich durch ihn die verfügbaren Abflussmengen und somit auch das Produktionspotenzial der bestehenden Anlagen verringern dürften. In vielen Fällen kann die Einführung strengerer Auflagen für bestehende Anlagen die Deckung der Kosten bereits getätigter Investitionen erschweren und zu Rechtskonflikten führen.

### Öffentliche Wasserversorgung

Auf die öffentliche Wasserversorgung entfallen weniger als 10 Prozent der Wasserentnahmen für konsumtive Zwecke im Alpenraum (EEA, 2009a). Eine so geringe Menge kann keine Auswirkungen auf den Gesamtwasserhaushalt haben. Allerdings ist die äusserst fragmentierte Verteilung der Managementsysteme ein Problem: Es ist nicht immer möglich, lokale Knappheiten durch Wassertransfers aus Nachbargebieten zu überbrücken. Daher sollte die Folgenabschätzung auf lokaler Ebene stattfinden.

In den 1990er Jahren stieg die Gesamtzahl der im Alpenraum lebenden Menschen um 7,8 Prozent (Alpenkonvention, 2006), wobei im Nordwesten ein stärkerer Anstieg zu verzeichnen war als im Süden und im Osten. Dieser Trend stellt, auch wenn er ungleichmässig verteilt ist und im Endeffekt durch eine höhere Effizienz und einen niedrigeren Pro-Kopf-Verbrauch aufgewogen wird, eine potenzielle Belastung dar. Ein ausgeprägter Anstieg des Gesamtbedarfs ist nicht zu erwarten, sondern eher eine Änderung der saisonalen Struktur (Bedarfsspitzen im Winter und im Sommer, wenn das natürliche Dargebot am geringsten ist) und seiner subregionalen Verteilung.

Viele Alpengemeinden kämpfen bereits mit Wasserknappheit (z. B. die Region Savoyen in Frankreich oder Karnien in Italien). Allerdings ist dies oftmals auf technische Mängel wie etwa unzureichende Speicherkapazitäten, zu geringen Druck, mangelhafte Abwasserreinigung oder Leckagen zurückzuführen. Es gibt noch keine Belege für einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und den bisherigen Knappheitsproblemen, doch für die Zukunft lässt sich das nicht ausschliessen: Der Klimawandel könnte sich auf das hydrologische Regime von Quellen und Brunnen auswirken, auf die sich die Mehrzahl der Systeme stützen. Höchstwahrscheinlich wird die Dringlichkeit von Wassertransfers in Unterliegerregionen zur Sicherstellung der öffentlichen Versorgung von städtischen Gebieten insbesondere aus Qualitätsgründen zunehmen. Das ist bereits der Fall beim Combanera-Projekt in Italien, das den Bau eines Grossdamms plus Stausee im Lanzatal oberhalb von Turin zur Versorgung der gesamten Grossstadtregion vorsieht. Derzeit deckt die Stadt ihren Wasserbedarf durch Entnahmen aus dem Po und dem örtlichen Grundwasser, doch dieses Wasser muss aufgrund der hohen Schadstoffbelastung mit immensem Kostenaufwand aufbereitet werden.

Auch die Regenwasser- und Abwasserwirtschaft werden den Klimawandel zu spüren bekommen, da beispielsweise die häufigeren und intensiveren Niederschlagsereignisse Auswirkungen auf die Wasserqualität haben werden. Aufgrund der Konzentration der Bevölkerung und der Infrastruktur in den tiefer gelegenen Tälern dürfte sich die Anfälligkeit für Starkregenereignisse und andere Extremereignisse erhöhen, wodurch die technischen Systeme zusätzlich unter Druck geraten.

### **Tourismus und Freizeitnutzung**

Durch den Alpentourismus steigt die Nachfrage nach Wasser, insbesondere im Winter und im Sommer, wenn das natürliche Wasserdargebot niedrig ist. Die Tatsache, dass sich touristische Erschliessungen zunehmend auf Höhenlagen und besonders abgelegene Gebiete konzentrieren, in denen die Wasserversorgung weniger zuverlässig und die saisonale Speicherung schwieriger ist, verschärft die Probleme. Die Kunstschnee-Produktion ist ein wichtiger Bedarfsträger, der jedoch für die regionale Wasserbilanz von geringem Belang ist. Aufgrund des Klimawandels ist mit einer zahlenmässigen Verringerung der schneesicheren Urlaubsorte und einer Verkürzung der Wintersaison zu rechnen. Dadurch steigt die Nach-

frage nach Kunstschnee und die Wahrscheinlichkeit eines verschärften Tourismusdrucks in den höher gelegenen Urlaubsorten nimmt zu (vgl. compact Tourismus). Dies könnte dazu führen, dass vermehrt lokale Konflikte mit anderen Wassernutzungen im Winter, insbesondere mit der öffentlichen Wasserversorgung, entstehen (Alpenkonvention, 2009; OECD, 2007).

Im Bereich des Sommertourismus erfreuen sich gewässergebundene Aktivitäten wie Angeln, Segeln, Baden und Bergwandern wachsender Wertschätzung, was seinerseits zu Ressourcenkonflikten führt. Ein typisches Beispiel ist die Bewirtschaftung künstlich regulierter Seen und Stauseen. Für den Tourismus muss der Wasserstand möglichst konstant bleiben, während Energieerzeugung, Landwirtschaft und Hochwasserschutz nach einer Maximierung des Speicherpotenzials und der Möglichkeit einer bedarfsabhängigen Abgabe von Wasser verlangen. Dies gilt umso mehr für eine Zukunft, in der der Klimawandel zu einer grösseren Unberechenbarkeit des natürlichen Wasserdargebots führt.

### Landwirtschaft

In den tiefer gelegenen Regionen ist der Druck hoch, insbesondere hochwertige Kulturen wie Obst und Wein intensiver zu bewässern. Allerdings dürfte die grossflächige Bewässerung geringwertiger Kulturen wie Weizen oder Mais zurückgehen, da sich das wirtschaftliche Gleichgewicht durch die Reform der Agrarpolitik verschiebt. Im Zusammenwirken dürfte dies zu einer Gesamtreduzierung in absoluten Werten, aber auch zu einer grösseren Starrheit der Nachfrage führen (Massarutto, 2003; Berbel Vecino, 2004). Dies ist möglicherweise mit den derzeitigen Alpenabflüssen oder künftigen vom Klimawandel beeinflussten Abflüssen nicht zu bewältigen, sodass es notwendig wird, die Speicher- und Entnahmesysteme aus Gebirgsstauseen zu erweitern.

Die Intensivierung der Bewässerung hochwertiger Produkte wird aller Voraussicht nach in den trockensten Subregionen wie etwa den Südalpen und dem Wallis stattfinden (vgl. compact Landwirtschaft). Obwohl die Auswirkungen auf die Gesamtwasserbilanz unwesentlich sind, könnten die lokalen Auswirkungen ganz erheblich sein, vor allem aufgrund der Tatsache, dass sich der Bedarf auf die trockensten Perioden konzentriert. Die zunehmende Häufung von Trockenperioden als Folge des Klimawandels wird wahrscheinlich dazu führen, dass der Bewässerungsbedarf vor allem bei hochwertigen Kulturen zunimmt.

### Industrie

Aufgrund der Deindustrialisierung und der Einführung umweltfreundlicherer Produktionsverfahren in der verarbeitenden Industrie ist der Wasserbedarf der Industrie insgesamt sowohl im absoluten Wert als auch pro Arbeitnehmer rückläufig (EEA, 2009b). Allerdings kann der Kühlwasserbedarf am Unterlauf von Flüssen zunehmen und weniger elastisch werden – insbesondere wenn neue thermische Anlagen gebaut werden.



**Foto 6:**

Vor allem in trockenen Sommern wird eine grosse Menge an Wasser benötigt, um Lebensmittel mit oft geringer Wertschöpfung zu produzieren

Dafür sind konstantere Abflüsse und Nutzungseinschränkungen am Oberlauf erforderlich (Energylab, 2008).

Sind die neuen Anlagen am Unterlauf erst einmal errichtet, übertreffen die volkswirtschaftlichen Kosten ihrer Abschaltung die Verluste, die den Nutzern am Oberlauf entstehen; Letztere können gezwungen sein, sich anzupassen und in Bedarfszeiten Wasser freizugeben. 2003 wurden Wasserkraftwerke in Oberläufen im Einzugsgebiet des Po zur Freigabe zusätzlichen Wassers gezwungen und die Wasserentnahmen für Bewässerungszwecke eingeschränkt, um die erforderlichen Abflussbedingungen wiederherzustellen (Massarutto und de Carli, 2009). Unlängst sind in allen europäischen Ländern und insbesondere in Italien Vorschläge für (nuklear)thermische Anlagen neu aufgegriffen worden. Diese Frage könnte in Zukunft akuter werden. Als mögliche Lösung kämen ein Verbot der Kühlung mit Flusswasser und die verbindliche Einführung neuer Hybridkühltürme infrage. Der Tsunami und der nachfolgende Störfall im Kernkraftwerk Fukushima in Japan (März 2011) sowie die Ergebnisse der Volksabstimmung in Italien (Juni 2011) haben die Sachlage grundlegend verändert. In vielen Ländern ist der Ausbau der Kernkraft inzwischen gebremst und teilweise gestoppt worden. Die CIPRA fordert seit Jahren den Ausstieg aus der Atomenergie.

### 3.3 MASSNAHMEN ZUR BEWÄLTIGUNG DES KLIMAWANDELS

Es ist Aufgabe der Wasserpolitik, Nachfrage, natürliches Dargebot und Umwelt miteinander in Einklang zu bringen. Der Klimawandel wird sich wahrscheinlich auf alle drei auswirken: Die Nachfrage dürfte steigen und unelastischer und unsicherer werden; das Dargebot dürfte zumindest weniger zuverlässig und möglicherweise geringer werden, und die Umweltauforderungen dürften anspruchsvoller werden.

Der Status quo kann nicht mehr aufrechterhalten werden, und es müssen Massnahmen zur Anpassung an die veränderte Situation ergriffen werden, und zwar:

- Massnahmen zum Ausgleich der verringerten Wasserverfügbarkeit
- Massnahmen zur Deckung des zusätzlichen Wasserbedarfs
- Massnahmen zur Verbesserung der Wassernutzungseffizienz
- Massnahmen zur Reduzierung der bedarfserzeugenden Belastungsfaktoren

In Tabelle 1 sind verschiedene geplante und beschlossene Massnahmen aufgeführt. Jede einzelne kann sich positiv oder negativ auf die jeweiligen Wassernutzungssektoren auswirken. Die Tabelle zeigt die relative Bedeutung der unterschiedlichen Klimamassnahmen, die sektorspezifisch sind und sich nicht verallgemeinern lassen. Allerdings wirken sich viele der in den ersten beiden Kategorien aufgeführten Handlungsoptionen negativ auf Freizeitnutzung und Umwelt aus.

Tabelle 1: Klimamassnahmen und ihre Bedeutung für die sektoralen Wassernutzungen

Art der Massnahme	Massnahme	HP	PWS	RW-SAN	AGR	TOU	IND	REC	ECO
<b>1. Ausgleich der verringerten Wasserverfügbarkeit</b>	Erhöhung der Entnahmen aus alpinen Grundwasserquellen und Fliessgewässern		+			+		-	--
	Modernisierung von Kläranlagen		+	+				+	+
	Multifunktionale Speichernutzung	-			+		+	--	--
	Vernetzung von Systemen		++	+			+		
	Verlagerung der Nicht-Haushaltsnutzung der öffentlichen Versorgung auf andere Quellen		+	+					+
<b>2. Deckung des zusätzlichen Wasserbedarfs</b>	Neue Entnahmen	+			+	++		-	--
	Produktion von Kunstschnee		-			+		-	-
	Umbau von Staudämmen zur Beschleunigung des Abflusses	++		+	+	+		-	-
	Schwallbetrieb	++						--	--
<b>3. Verbesserung der Wassernutzungseffizienz</b>	Reduzierung von Leitungsleckagen		+						
	Einführung von Wassersparmassnahmen in Haushalten & Hotels		+			++			
	Regenwassersammlung und wiederverwendung		+	++	++	++	+		
	Wiederverwendung von Brauchwasser		++	++	++	++	+		+
	Einführung wassersparender Bewässerungstechniken				++				
	Einbau von Kleinstwasserkraftanlagen in Rohrleitungen		+						
	Umverteilung des Wassers und Einstellung geringwertiger Wassernutzungen					--	-	+	+
<b>4. Reduzierung der bedarfserzeugenden Belastungsfaktoren</b>	Einbau effizienterer Turbinen	++							
	Einführung von Mindestabflussregelungen	--		+	+			++	+
	Einführung von Schutzmassnahmen zur Aufrechterhaltung von Fliessgewässerkorridoren	-						++	+
	Lokale Abwasserreinigung in Pflanzenkläranlagen			++	++	++	+	++	
	Kampagnen und Überzeugungsarbeit zur Förderung eines wassersparenden Verhaltens bei Touristen		+			++			
Strengere Raumplanungskontrollen für Erschliessungsmassnahmen in umweltsensiblen Gebieten						+		++	

Quelle: Eigene Ausarbeitung.

Legende:

HP = Wasserkraft; PWS = öffentliche Wasserversorgung; RW-SAN = Regenwasser- und Abwasserwirtschaft; AGR = Landwirtschaft; TOU = Tourismus; IND = Industrie; REC = Freizeitnutzung; ECO = Umwelt.

+ oder ++ weist auf eine relevante oder sehr relevante Wirkung auf die Minderung des sektoralen Wasserstress hin;

- oder -- weist auf einen potenziell negativen Nebeneffekt der Massnahme hin;

Eine leere Zelle weist darauf hin, dass keine relevante Wirkung zu erwarten ist.

### 3.3.1

## UNSICHERE VERSORGUNG: MASSNAHMEN ZUM AUSGLEICH DER VERRINGERTEN WASSERVERFÜGBARKEIT

Die verschiedenen Massnahmen haben unterschiedliche Auswirkungen auf die einzelnen Wassernutzungssektoren. Weitere Entnahmen können sich nur negativ auf die Umwelt auswirken, beeinträchtigen aber möglicherweise auch die Freizeitnutzung. Die öffentliche Wasserversorgung und die Abwasserwirtschaft können von vielen der Massnahmen profitieren, insbesondere von strukturellen Verbesserungen wie Netzverknüpfungen und Anlagenausrüstungen, z. B. durch Verringerung der Auswirkungen von Abwassereinleitungen bei Niedrigabflussbedingungen. Solche Massnahmen dürften keine spürbare Änderung der Abflussverhältnisse bewirken oder negative Auswirkungen auf die Umwelt haben, doch ihre Kosten könnten ein prohibitiver Faktor sein. Die Nutzung oberliegender Speicherbecken zur Sicherstellung des unterliegenden Abflusses (z. B. für Kühl- oder Bewässerungszwecke) könnte sich negativ auf Wasserkraft, Freizeitnutzung und Umwelt auswirken.



**Foto 7:**

Mit Rückhaltebecken und Stauseen werden Wasserknappheit und Wasserbedarf reguliert.

Versorgungsunsicherheit kann entstehen, wenn der Nicht-Haushaltsbedarf über die öffentliche Versorgung oder aus für die öffentliche Versorgung genutzten Quellen gedeckt wird. Das gilt insbesondere für die Kunstschneeerzeugung, wenn Grundwasser- oder Direktentnahmen aus Oberflächengewässern zum Einsatz kommen. Alternative Versorgungsquellen wie z. B. gespeichertes Regenwasser könnten eine wirksame Möglichkeit sein, die Konkurrenz mit der Haushaltsnutzung zu entschärfen und den anlagentechnischen Modernisierungsbedarf zu reduzieren. Die gemeinsame Nutzung von Ressourcen mit anderen Grossnutzern wie z. B. Wasserkraftwerken könnte ebenfalls zum Ausgleich lokaler Defizite beitragen; in Frankreich werden zu diesem Zweck bereits Wassertransfers durchgeführt (EEA, 2009a). Allerdings sind dabei die Auswirkungen auf die Landschaft zu berücksichtigen.

### 3.3.2

## NEUE BEDÜRFNISSE: MASSNAHMEN ZUR DECKUNG DES ZUSÄTZLICHEN WASSERBEDARFS

Die Gründe, die für neue Entnahmen sprechen, müssen gegen die gravierenden negativen Auswirkungen auf die Umwelt abgewogen werden. Der Sachverhalt ist komplex: Da der Wasserverbrauch im Alpenraum im Allgemeinen niedrig ist, kann es Orte geben, wo weitere Entnahmen weniger schädlich sind. Alle Vorhaben müssen mit Blick auf ihre Folgen für die Abflüsse, die Umwelt und die Freizeitnutzung sorgfältig geprüft werden. Der Erteilung weiterer Genehmigungen für den rasant wachsenden Wasserkraftsektor sollte entgegengetreten werden, und es sollten strenge Kriterien und wirtschaftliche Negativanreize eingeführt werden: Abnehmende Erträge in der Energieproduktion und steigende Umweltkosten bedeuten, dass die Wasserkraft nicht mehr als geeignete Lösung zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses angesehen werden kann. Eine intensivere Nutzung der Wasserkraft ist mit hohen Umweltkosten verbunden, d. h. einem künstlich veränderten Abflussregime unterhalb von Speicherseen (Schwallbetrieb). Dieser Konflikt wird wahrscheinlich die Zukunft bestimmen.

Durch den Klimawandel ist es zunehmend notwendig, die unterliegenden Siedlungsräume gegen Hochwasser zu schützen; dazu wird oberliegende Speicherkapazität benötigt, die eine Pufferfunktion übernimmt. Um zu vermeiden, dass Speicherbecken zur Aufrechterhaltung dieser Reservekapazität weit im Voraus leer gehalten werden müssen, könnte durch Schnellablassvorrichtungen eine rasche Entleerung bei Hochwasseralarm ermöglicht werden. Dies kann helfen, Oberlieger-/Unterlieger-Konflikte zu entschärfen, könnte aber aufgrund der häufigen Schwankungen des Wasserspiegels von Seen negative Auswirkungen auf die Freizeitnutzung haben. Speicherbecken leer zu halten schränkt auch andere produktive Nutzungen ein.

### 3.3.3 DIE STANDARDS ERHÖHEN: MASSNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER WASSERNUTZUNGSEFFIZIENZ

Massnahmen zur Bereitstellung der gleichen Umweltfunktionen mit weniger Wasser bieten in einigen Sektoren erhebliches Einsparpotenzial; dazu gehört z. B. die Tröpfchenbewässerung für hochwertige Kulturen (vgl. 5.4 und compact Landwirtschaft). Die Effizienz im kommunalen Bereich kann durch Wassereinsparungen im häuslichen Bereich optimiert werden – dabei geht es nicht nur um die Senkung des Wasserverbrauchs, sondern auch um die Reduzierung der Auswirkungen der Leitungswasser-, Regenwasser- und Kanalisationsnutzung (vgl. 5.6). Durch Wiederverwendung von Brauchwasser (für die Toilettenspülung oder die Gartenbewässerung), Nutzung von Regenwasser und ähnliche Massnahmen können Verbrauchsspitzen drastisch reduziert werden. Dies wirkt sich aufgrund des verringerten Entnahmebedarfs auch positiv auf die Umwelt aus. Und die Effizienz der Wasserkraftproduktion kann durch den Einsatz innovativer Turbinen gesteigert werden.

Die Kosten solcher Massnahmen können in vielen Fällen abschreckend hoch sein, und es dürfte sich als vorteilhafter erweisen, bestimmte Praktiken auslaufen zu lassen, als in Methoden zur Verbesserung ihrer Wassereffizienz zu investieren: Zu den offenkundigsten Kandidaten gehören die Bewässerung geringwertiger Kulturen und die Schwerindustrie.

### 3.3.4 DEN BELASTUNGEN BEGEGNEN: MASSNAHMEN ZUR REDUZIERUNG DER BEDARFSERZEUGENDEN FAKTOREN

In manchen Fällen kann durch moralische Überzeugungsarbeit ein bewussteres Verhalten gefördert werden (z. B. im Tourismussektor); in anderen können ökonomische Anreize eine Rolle spielen (z. B. im Bereich der Bewässerung). Aufgrund der Struktur der von der Wasserkraft dominierten alpinen Wasserwirtschaft sind staatlich imperative Massnahmen wie etwa Vorschriften zum Mindestabfluss und zur Fließgewässerrenauration ebenfalls unverzichtbar (vgl. 5.1 und 5.2) und können sowohl für die Umwelt als auch für die Erholungsnutzung von Vorteil sein.

### 3.4. POLITISCHE ASPEKTE DER UMSETZUNG VON KLIMAMASSNAHMEN

#### 3.4.1 INSTITUTIONEN UND ORDNUNGSPOLITISCHER RAHMEN (GOVERNANCE)

Die Wasserwirtschaftsbehörden im Alpenraum und in den angrenzenden Regionen sind unter Rahmenbedingungen entstanden, die von einem allgemeinen Wasserüberfluss gekennzeichnet waren. In der Politik war und ist ein infrastrukturorientierter und sektoraler Ansatz (Trennung zwischen Umweltschutz, Hochwasserschutz und Wasserversorgung) und eine extrem lokale Ausrichtung vorherrschend. Aufgrund der neuen Herausforderungen bedarf es eines integrativeren Ansatzes, in dessen Mittelpunkt eine integrierte Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten steht – eine von der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) nachdrücklich empfohlene Strategie. Obwohl klimainduzierter Wasserstress nicht allein mit dem Klimawandel zusammenhängt, ist er ein weiterer Grund für die Entwicklung einer integrativeren Rahmenstruktur. Eine stärkere Integration im Alpenraum setzt Folgendes voraus:

(i) Die Verlagerung der Bewirtschaftung von Wasserdienstleistungen auf eine höhere Ebene, z. B. von der kommunalen auf die interkommunale oder gar regionale Ebene. Dies ermöglicht die Versorgung von Defizitbereichen aus ortsfremden Quellen und erleichtert die Bündelung von Abwasserbehandlungsanlagen zur Erreichung bestimmter Mindestwirkungsgrade, d. h. in einer Grössenordnung von zehntausend Einwohnergleichwerten.

(ii) Eine engere Zusammenarbeit zwischen den Nutzern in den jeweiligen Sektoren zur Erleichterung der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen (z. B. Speichereinrichtungen: die Kosten können zwischen konkurrierenden Sektoren aufgeteilt werden – vgl. 3.4.2) und die Koordinierung von Massnahmen zur Wiederherstellung der Wasserqualität (z. B. durch integrierte Massnahmen gegen punktförmige und diffuse Schadstoffquellen, um die Gesamtbelastung zu verringern).

Die Professionalisierung des Wasserwirtschaftssektors ist ein Muss und stellt eine weitere Herausforderung für die Wasserordnungspolitik dar. In der Alpenregion dominiert weiterhin das Ordnungsmodell der lokalen öffentlich-rechtlichen Bewirtschaftung durch die Gemeinden unter Heranziehung von gemeindeeigenen Mitarbeitern – dieser Ansatz deckt kaum die Kosten für die Aufrechterhaltung der fachlichen Kompetenz. Die Schaffung eines stärker professionalisierten Rahmens bringt für die Kommunen einen Verlust an direkter Kontrolle, entweder durch die Verlagerung auf eine höhere Ebene und/oder durch die zunehmende Notwendigkeit, bestimmte Aufgaben an die Privatwirtschaft zu delegieren. Wasser ist kein Wirtschaftsgut im üblichen Sinn, sondern ein knappes Gut, das unser aller Erbe ist. Daher muss die Verantwortung für die Trinkwasserversorgung bei den öffentlichen Behörden bleiben, auch wenn diese den Wasserversorgungsdienst an Dritte vergeben. Dies ist überall ein sensibles Thema, jedoch in besonderem Masse in Bergregionen, in denen die lokale Wasserhoheit vielfach als Kernstück der Identität betrachtet wird. Die



**Foto 8:**

Eine Herausforderung für die Alpen:  
Die Wasserwirtschaft muss professionalisiert werden.

institutionelle Herausforderung besteht darin, die Akzeptanz der territorialen Integrität und der Professionalisierung (wenn nicht gar Privatisierung) durch partizipative Governance und alternative Regulierungsinstanzen zu erhöhen, möglicherweise unter Betonung des Gemeinschafts- und Gemeingutgedankens (vgl. 5.7). Als weiterer Ansporn dient die zunehmende Notwendigkeit, kostendeckende Gebühren einzuführen, da Ausgleichszahlungen und Zuschüsse über die allgemeine Besteuerung aufgrund knapper Haushaltskassen kaum mehr möglich sind.

In vielen Ländern sind Instrumente wie etwa Flussverträge als geeigneter Rahmen zur Förderung freiwilliger Vereinbarungen erprobt worden (vgl. 5.7). Auch die Vergütung von Ökosystemdienstleistungen wird zunehmend als geeigneter Ansatz für die Bewältigung gegebenenfalls entstehender Konflikte betrachtet, wenn die örtlichen Gemeinden zur Aufgabe der Kontrolle zugunsten «höherer» Interessen gezwungen sind. Ähnliche Regelungen sind eingeführt worden, um den ökologischen Wert von Agrardienstleistungen anzuerkennen und Landwirte für den Verlust möglicher Alternativen zu entschädigen. Genau wie beim Ausgleich von Kosten und Nutzen durch Einbeziehung der externen Umweltkosten können ökonomische Instrumente auch dazu verwendet werden, Kosten und Nutzen ausgewogener aufzuteilen und Mittel für Ausgleichszahlungen zu generieren.

#### 3.4.2 FINANZIERUNG UND KOSTENTEILUNG

Da Anpassungen an den Klimawandel in den meisten Fällen technische Umbauten erfordern (wie in Tabelle 1 ausgeführt), ist die Frage der Finanzierung eine naheliegende Überlegung. Dabei dürfte es immer schwieriger werden, auf öffentliche Haushalte und Steuermittel zurückzugreifen. Zur Verknüpfung der Netze werden lange Leitungen benötigt, die vielfach in schwer zugänglichen Regionen mit schwierigen geologischen Bedingungen gebaut werden müssen. Die durch die touristische Erschließung bedingte Konzentration der Nachfrage auf höher gelegene Standorte ist ausserdem mit höheren Betriebskosten verbunden (vgl. 5.3). Einmal mehr ist der Klimawandel nicht der einzige Faktor, doch er spielt zweifellos eine Rolle als einer der Umstände, die wasserwirtschaftliche Anpassungen erfordern; zu diesen gehören beispielsweise höhere Anforderungen an die Abwasserreinigung und die wachsende Notwendigkeit einer Systemvernetzung, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen.

Der Investitionsbedarf lässt sich nur sehr schwer abschätzen; allerdings kann man sagen, dass er sich spürbar auf die derzeitigen Wassergebühren auswirken wird – möglicherweise weit jenseits der Erschwinglichkeitsgrenze. Nach den Schätzungen von Massarutto et al. (2008) würden in der Lombardei (Italien) nach Einführung einer Vollkostendeckung in Berggebieten ohne finanzielle Unterstützung aus anderen Gebieten die Pro-Kopf-Kosten auf bis zu 3 Prozent der Durchschnittseinkommen und für arme Familien auf bis zu 8 Prozent steigen. In Slowenien werden die Durchschnittskosten für Wasserdienstleistungen (Wasserversorgung und Abwasserentsorgung) auf ungefähr 2 €/m<sup>3</sup> beziffert, doch

in Gemeinden mit geringer Bevölkerungsdichte könnten die Kosten viel höher liegen (IREET, 2009). Daher ist es sehr wichtig, dass ein Weg zur Verteilung dieser Kostenlast gefunden wird. Dies widerspricht weder dem Grundsatz der Kostendeckung noch dem Gedanken, dass Wassergebühren zur Förderung eines Verhaltens verwendet werden sollen, das auf eine effiziente Wassernutzung ausgerichtet ist; allerdings sollte bei der Festlegung der Preise die Vereinbarkeit dieser Faktoren mit dem Gebot der Erschwinglichkeit berücksichtigt werden (Massarutto, 2007).

Wir konzentrieren uns auf drei Strategien, die in unterschiedlichem Ausmass kombiniert werden könnten:

### 1. Interregionale Bewirtschaftungseinheiten

Diese in Italien verfolgte Strategie sieht vor, die Berggemeinden und talabwärts gelegene grössere Städte in grösseren Bewirtschaftungseinheiten zusammenzufassen. Der einheitliche Wassertarif für die gesamte Einheit bedeutet, dass die Dienstleistungen in Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte durch die städtischen Dienstleistungen bezuschusst werden und dass dank des grösseren Massstabs mehr Mittel mobilisiert werden. Die Wasserdienstleistungen werden zentralisiert und von einem einzigen Versorger pro Einheit erbracht.

### 2. Wassergebühren

In manchen Gegenden Frankreichs erheben grosse Finanzinstitutionen die Wassergebühren bei den örtlichen Nutzern. Sie verwenden diese Mittel zur Finanzierung von Investitionen auf Rotationsbasis (vgl. 5.7). So wird zwar das dezentrale Bewirtschaftungssystem beibehalten, doch dafür bietet es weniger Möglichkeiten für eine Kostenteilung, da der Umfang der Finanztransfers durch den von allen Nutzern jährlich beschlossenen Haushalt der Wasseragentur eng begrenzt ist. Das System könnte mit zusätzlichen Anreizen gekoppelt werden wie z. B. der Förderung der Einführung von Umweltkennzeichen im Tourismus- und Wasserkraftsektor oder dem Einbau wassersparender Vorrichtungen in Privathaushalten (OECD, 2010). Für die Alpenregionen könnte der Wert der für das übrige Einzugsgebiet erbrachten Ökosystemdienstleistungen als Kriterium für die Gestaltung von Anreizsystemen in Betracht gezogen werden (Massarutto, 2009).

### 3. Kostenteilung zwischen den Sektoren

Dieser innovative Wassergebührenansatz umfasst Alternativlösungen zur Aufteilung der Kosten für Dienstleistungen zwischen den Sektoren, die gemeinsame Nutzer derselben technischen Infrastruktur sind, wie z. B. Tourismus- und Haushaltssektor. Anstatt für alle Nutzer dieselbe Gebühr zu berechnen, könnten die Preise so gestaffelt werden, dass die Nutzer, für die ein höherer Preis tragbar ist, einen höheren Anteil übernehmen. Bei den Anschlussgebühren könnte nach Nutzungskategorie unterschieden werden, z. B. dadurch, dass Touristen und Besitzer von Zweitwohnungen im Tarif höher eingestuft werden als die ansässige Bevölkerung (OECD,



© CIPRA International

**Foto 9:**

Die Tourismusbranche bietet viel Potenzial zur Wassereinsparung.

2010). Nach unserer Kenntnis wird dieses Verfahren in den Alpen noch nicht angewendet, während es in den unter Wasserknappheit leidenden Touristenzielen entlang der Küste und auf Inseln allgemein üblich ist. Wird der Tarif zum Beispiel um 1 €/m<sup>3</sup> erhöht, würde der Tourismus kaum belastet, da dies nur 25 Cent/Tag/Tourist ausmacht; würde der Betrag über den Zimmerpreis oder eine Sonderabgabe (z. B. auf Touristenbetten) erhoben, fiel er bei den Gesamtkosten des Besuchs kaum ins Gewicht.

### 3.4.3 UMVERTEILUNG VON WASSERRECHTEN UND EINSTELLUNG VON NUTZUNGEN

Da es aller Voraussicht nach immer schwieriger werden wird, allen neuen Ansprüchen (einschliesslich ökologischer Wasserqualität) gerecht zu werden, wird es zu gewissen Einschränkungen kommen. Die Ansprüche der Nutzer, für die Investitionen in Wasserspartechnologien unerschwinglich sind, werden unerfüllt bleiben müssen. Beispielsweise in der Bewässerungswirtschaft sind Investitionen in die Tröpfchenbewässerung nur für hochwertige Kulturen rentabel; der erzielte Mehrwert bei der Getreideproduktion deckt kaum die Kosten. Für die Bewässerung in den tieferen Lagen wäre eine Rückkehr zum Regenfeldbau eine vertretbare Alternative. Da bei vielen Kulturen mit hohem Wasserbedarf die Wertschöpfung relativ gering ist, sind die wirtschaftlichen Kosten einer Einstellung ebenfalls gering, und die Verluste der Bauern könnten ohne Weiteres durch Beihilfen für Produkte aus unbewässertem Anbau ausgeglichen werden. Dies würde insgesamt zu einer Veränderung der Anbaustrukturen, z. B. von Maisfeldern zu Pappelgehölzen, führen. Und dies würde die wirtschaftlichen Verluste aufgrund der Nichtverfügbarkeit von Wasser für den Sektor als Ganzes erheblich verringern, auch wenn einige spezifische Betriebe Verluste erleiden würden (vgl. compact Landwirtschaft).

Neuere Studien weisen darauf hin, dass die Einkommensverluste der Bauern aufgrund der Hitzewelle 2003 erheblich waren (EEA, 2009b). Eine genauere Analyse zeigt jedoch, dass einige der Bauern schlecht wegkamen, dass aber der Agrarsektor als Ganzes profitierte, da die Ertragsverluste durch den Preisanstieg infolge des abrupten Produktionsrückgangs mehr als wettgemacht wurden. Die eigentlichen Verlierer waren nicht die Bauern, sondern die Verbraucher (Massarutto und De Carli, 2009).

Dieselbe Studie zeigt, dass der Nettoverlust sechs Mal geringer gewesen wäre, wenn die verfügbaren Wasserressourcen vorrangig zur Bewässerung hochwertiger Kulturen (Obst, Gartenbau) verwendet worden wären. Um Abhilfe zu schaffen, könnte ein System handelbarer Wasserrechte eingeführt werden, das es den Bauern ermöglicht, miteinander Handel zu treiben. Diese Feststellung führt zu einer wichtigen Aussage: Für die Minimierung der wirtschaftlichen Auswirkungen von Konflikten zwischen unterschiedlichen Wassernutzungen in Mangelzeiten könnte eine effiziente Wasserverteilungsplanung viel wirksamer sein als das bloße Investieren in eine Erhöhung des Wasserdargebots oder eine Optimierung der Bewässerungssysteme. Ein solches System sollte auch Ausgleichs-



Foto 10:

Jede Lizenz zur Wasserentnahme sollte auf ihre Umweltauswirkungen hin untersucht werden.

regelungen, Versicherungen und einen intersektoralen Handel mit Wasserrechten einschliessen.

Einschränkungen sind auch im Wasserkraftsektor notwendig. Mit Blick auf den derzeitigen Nachfrageboom nach neuen Kleinanlagen, der eine Folge der günstigen Preise und der Subventionen in erneuerbare Energien ist, kann nur ein kleiner Teil der Anträge genehmigt werden. Bei der Auswahl der geeignetsten Projekte könnte eine wohlüberlegte Anwendung ökonomischer Instrumente (z. B. Prüfung der Umweltverträglichkeit von Entnahmelizenzen auf Einzelfallbasis) hilfreich sein. Mit einer von erfolgreichen Bewerbern zu entrichtenden Gebühr könnte eine Art Entschädigung für abgelehnte Bewerber finanziert werden. Ein ähnlicher Verfahrensansatz ist von der Verwaltung der Region Piemont eingeführt worden (vgl. 5.1).

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis kleiner Wasserkraftprojekte hängt davon ab, ob die erzeugte Energie auf dem Markt verkauft oder vor Ort verbraucht wird. Untersuchungen weisen darauf hin, dass im ersteren Fall ihr potenzieller Beitrag zur Energiebilanz des Landes und der EU äusserst gering ist, und dass ihr Beitrag zur Verringerung der Emissionen kaum ins Gewicht fällt (Bano und Lorenzoni, 2008). Viel wichtiger kann sie jedoch als vor Ort verfügbare Ressource sein, die die energetische Selbstversorgung unterstützt und zur lokalen Industrie- und Tourismusentwicklung beiträgt. Die Wasserpolitik sollte diesem Umstand Rechnung tragen, indem sie eine Präferenz festlegt und u. U. wirtschaftliche Anreize für Projekte schafft, die eine lokale Nutzung vorsehen. Natürlich sollte in beiden Fällen der Ausbau von Wasserkraftprojekten nicht unter Missachtung der Auswirkungen auf die Flussökologie vorangetrieben werden. Viele Fließgewässer in den Alpen werden als erheblich verändert eingestuft. Ihre Morphologie ist so stark verändert, dass sie keinen guten ökologischen Zustand mehr erreichen können. Weitere Erschliessungen könnten auf der Grundlage eines «Handelsansatzes» gestattet werden, der die Projektträger verpflichtet, einen Teil ihrer Erträge in Flussrenaturierungsprojekte zu investieren, die auch die Sanierung bereits geschädigter Standorte zum Ziel haben.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

«Auch die Reichen weinen» – dieser Titel einer populären Fernsehserie aus dem Jahr 1979 kann sinngemäss auf die alpinen Wasserprobleme von heute übertragen werden. Trotz des sprichwörtlichen Überflusses kommt es in den Alpen auf lokaler Ebene bereits zu Wasserstress. Dieser dürfte sich in Zukunft aufgrund des Klimawandels noch verschärfen. Man kann mit einiger Gewissheit sagen, dass der Klimawandel die Abflussbedingungen und die saisonale Verteilung der Wasserverfügbarkeit wesentlich verändern wird. Es ist damit zu rechnen, dass der Winterabfluss zunimmt, während die extrem wichtigen Sommerabflüsse abnehmen. Dies wird sich erheblich auf die Art der Wassernutzung und -bewirtschaftung in den Alpen selbst und in den Unterliegerregionen auswirken. Besonders wird wahrscheinlich der südliche Teil der Alpen betroffen sein (ausgeprägte Sommertrockenheit im Mittelmeerraum). Klimamodelle sagen für die Alpen Folgendes voraus: die Temperatur steigt mehr als im europäischen Mittel, die Gesamtniederschläge verringern sich, insbesondere die Schneefallmenge, möglicherweise nimmt die Häufung von Extremereignissen zu und die Eismasse der Alpengletscher geht zurück.

Wasserstress in den Alpen ist nicht durch knappere Ressourcen bedingt, sondern eher durch eine verstärkte Konkurrenz zwischen den unterschiedlichen Bedarfssektoren. Vor allem aber durch Veränderungen im Wasserkreislauf und daher auch in der Fliessgewässerökologie. Diese Wirkungen sind eine Folge des komplexen Wechselspiels zwischen allgemeinen Entwicklungstrends, neuen Gesetzesvorschriften und dem Klimawandel. Man kann den Klimawandel nicht isoliert betrachten oder bewältigen. Es ist entscheidend, das Wasser eher ressourcen- als bedarfsorientiert zu bewirtschaften und die Wasserverfügbarkeit und den Wasserstress auf lokaler Ebene abzuschätzen.

Klimamassnahmen wirken sektorspezifisch und können nicht verallgemeinert werden. Der Löwenanteil des Wasserverbrauchs und der gestiegenen Nachfrage nach Neuanlagen entfällt auf den Wasserkraftsektor. Er ist derjenige, gegen den sich die meisten Bedenken erheben. Ausserdem ist die Wasserkraft die Nutzung, die sich am stärksten auf die Morphologie der Fliessgewässer auswirkt und somit sowohl die ökologischen als auch die erholungsbezogenen Funktionen beeinträchtigt. Eine gewisse

Abstimmung von Ökologie und Landschaft auf der einen und Produktivität auf der anderen Seite ist möglich und kann durch weiche Instrumente (z. B. Umweltlabels und Anreizmassnahmen) gefördert werden. Aufgrund des steigenden wirtschaftlichen Werts der Wasserkraft, der durch Anreizzahlungen für erneuerbare Energien in die Höhe getrieben wird, fällt die Güterabwägung jedoch weiterhin zugunsten ihres Ausbaus aus. Benötigt werden geeigneteren Planungsvorgaben für Wasserkraftkonzessionen sowie Instrumente, die gewährleisten, dass die Nachfrage an den produktivsten Standorten konzentriert und gefördert wird. Dieses Ziel kann leichter erreicht werden, wenn es einen wirksameren imperativen Ordnungsrahmen gibt, der gezielt auf die Wahrung der ökologischen Erfordernisse ausgerichtet ist.

Abgesehen vom Wasserkraftsektor scheinen Ausgleichsmassnahmen zur Minderung von Wasserstress (d. h. Bereitstellung von Wasser aus benachbarten Gebieten und Konzentration von Managementsystemen und technischen Netzen) die am unmittelbarsten zugängliche Handlungsoption zu sein (vgl. Tabelle 1). Technische Lösungen sind grundsätzlich vorhanden (insbesondere im Bereich der landwirtschaftlichen und häuslichen Wasserversorgung/Abwasserentsorgung), doch ihre Machbarkeit ist durch Kostenerwägungen begrenzt, zumindest für den lokalen Nutzer.

Es sind Strategien gefragt, die die anthropogene Nachfrage und die ökologischen Erfordernisse miteinander in Einklang bringen. Sie müssen vom verfügbaren natürlichen Wasserdargebot ausgehen und erfordern deshalb einen Mix an Massnahmen im technischen und institutionellen Bereich. Im technischen Bereich sollten Lösungen im Vordergrund stehen, die an die spezifische menschliche und natürliche Umwelt des Gebirgsraums angepasst sind. Es bedarf innovativer Ansätze, die eher auf lokalen Lösungen beruhen (z. B. Wiederverwendung von Abwasser und Grauwasser, Sammlung und Nutzung von Regenwasser und Einsatz von Pflanzenkläranlagen) als auf traditionellen Einrichtungen, bei denen die Grössenvorteile leicht durch die Anschlusskosten aufgewogen werden können. Die grösste Herausforderung auf institutioneller Seite ist unserer Ansicht nach, die Technik-, Management- und Finanzkompetenzen im Wasserdienstleistungsbereich zu verbessern. Gleichzeitig müssen Verfahren zur Anwendung kommen, die die Kosten auf eine breite Öffentlichkeit umlegen. Der Umstieg auf einen stärker integrierten, einzugsgebiets- und sektorübergreifenden Ansatz, wie ihn die WRRL verfolgt, spielt dabei eine wichtige Rolle.

## GOOD PRACTICE- BEISPIELE

### 5.1

#### WASSERKRAFT IM PIEMONTE: INTEGRIERTER ANSATZ FÜR DIE GENEHMIGUNG VON PROJEKTEN

Seit 1933 schreibt das italienische Recht für die Nutzung von Wasser zur Wasserkrafterzeugung eine der installierten Leistung entsprechende Abgabe vor, die an die zuständige Verwaltung (Region) zu entrichten ist. Mit einer Zusatzabgabe werden die jeweils betroffenen Gemeinden für den entgangenen Nutzen entschädigt. Das bedeutet, dass bei der Berechnung der an den Staat abzuführenden Abgabe weder die effektive Entnahme noch der Umweltschaden berücksichtigt werden, sondern ausschliesslich die erzeugte Energie.

Besonders bedenklich ist die steigende Nachfrage nach Genehmigungen für Neuanlagen – insbesondere kleine – im Piemont, wo die installierte Leistung seit 1997 um 20 Prozent gestiegen ist und 407 Genehmigungsanträge für Neuanlagen zur Entscheidung anstehen. Die Nutzung des natürlichen Abflussdargebots hat bereits ein kritisches Ausmass erreicht, was durch deutliche Anzeichen für eine verringerte Ökosystemkapazität belegt wird, d. h. weniger Kleinstlebensräume aufgrund geringerer Fließgeschwindigkeiten, verminderte Selbstreinigungsraten, Verarmung der biologischen Vielfalt und fortlaufende Unterbrechung des Fließgewässerkontinuums.

Aus diesem Grund hat die Region Piemont einen innovativen und partizipativen Ansatz für die Genehmigung von Neuanlagen und Nachfragesteuerung entwickelt, der an die Tragfähigkeit der Flussökosysteme angepasst ist. Ein Verbot für Neukonzessionierungen oberhalb eines bestimmten Grenzwerts und erhöhte Anforderungen an die Mindestabflussmengen bei Altanlagen werden durch wirtschaftliche Anreize flankiert. Voraussetzung ist eine Änderung der Berechnungsgrundlage der Entnahmegebühren ausgehend von der Länge des betroffenen Flussabschnitts und dem entnommenen Teil des natürlichen Abflusses. Die Gebühren werden unter Berücksichtigung der Prioritäten des regionalen Wasserwirtschaftsplans und des bereits erreichten Veränderungsgrads standortabhängig



**Fotos 11:**

Die Tragfähigkeit der Flussökosysteme ist zentrales Kriterium für Genehmigungen im Piemont/IT.

gestaffelt; für vorbildliche Praxis werden Nachlässe gewährt. Ein Teil der Einnahmen geht an die Kommunen als Entschädigung für den entgangenen Nutzen. Bei anderen Wassernutzungen richten sich die Gebühren nach dem Wasserspar- oder Schadstoffminderungsaufwand. Für weitere Informationen besuchen oder kontaktieren Sie:

[www.regione.piemonte.it/ambiente/](http://www.regione.piemonte.it/ambiente/) (it)

Kontakt: Elena Porro [elena.porro@regione.piemonte.it](mailto:elena.porro@regione.piemonte.it)

## 5.2 UMWELTZERTIFIZIERUNGSSYSTEME: ÖKOLOGISIERUNG DER WASSERKRAFT

Der Elektrizitätsmarkt ist in den letzten Jahren sehr komplex geworden, und überall auf der Welt wurden unterschiedliche Zertifizierungssysteme für «Ökostromprodukte» eingeführt. Sie sollen Produzenten und Verbrauchern eine Möglichkeit zur Messung der ökologischen Nachhaltigkeit der produzierten Energie geben. Eine 2009 von PricewaterhouseCoopers (PwC) durchgeführte Untersuchung solcher Zertifizierungslabels stellte fest, dass die meisten im Hinblick auf die ökologischen Kriterien zu wünschen übrig lassen. Das Schweizer Qualitätszeichen «Naturemade star» dagegen schnitt bei der vergleichenden Untersuchung sehr gut ab. Unter den 19 Zeichen, die zwischen 2008 und 2009 weltweit untersucht wurden, war es das einzige, das erwiesenermassen «sehr strikte und genaue Regeln für Elektrizität aus Wasserkraft» aufweist (PwC 2009). Ziel von Naturemade star ist die Einführung eines Qualitätssiegels für ökologisch produzierte Energie. Dieses Siegel wird nach sorgfältiger Prüfung durch den Verein für umweltgerechte Energie (VUE) verliehen. Es gewährleistet die Erfüllung strenger und umfassender ökologischer Anforderungen, die auf speziell für diese Zertifizierung entwickelten wissenschaftlichen Prüfkriterien basieren. Im Fall der Wasserkraft erstellen die einzelnen Kraftwerksleiter in Zusammenarbeit mit einem Fachmann für Gewässerökologie einen vorläufigen Untersuchungs- und Managementplan, den sie anschliessend dem VUE zur Beurteilung und Auditierung vorgelegen. Die Beurteilung berücksichtigt die Anforderungen an den Mindestabfluss, Schwallbetrieb, Speicherbewirtschaftung und Auslegung des Kraftwerks. Nach erfolgter Zertifizierung werden in jährlichen Abständen Kontrollaudits durchgeführt, und alle fünf Jahre muss eine Re-Zertifizierung erfolgen. Das Zertifizierungsverfahren deckt den gesamten Lebenszyklus der produzierten Energie ab und berücksichtigt lokale und regionale Kriterien. Das von Naturemade star eingeführte System umfasst auch einen Fonds für ökologische Verbesserungsmassnahmen.

[www.naturemade.ch](http://www.naturemade.ch) (en/de/fr/it)

Die Mehrzahl der aktuellen Systeme gilt nur für das Land, in dem sie entwickelt wurden. Sie können derzeit nicht ohne Weiteres über die Grenzen hinweg übernommen. Aufgabe des CH2OICE-Projekts ist die Schaffung eines Rahmens für die Umsetzung eines zertifizierten Managementsystems für Wasserkraft in mehreren europäischen Ländern. Das von der EU innerhalb des Programms Intelligent Energy Europe finanzierte Pro-



**Foto 12:**

Die CH2OICE-Methode wurde unter anderem an der Wasserkraftanlage Moso in Südtirol getestet.

jekt soll durch Festlegung von Kriterien und Grundsätzen die ökologische Nachhaltigkeit der Auswirkungen der Wasserkraftnutzung gewährleisten. Neben Spanien sind die meisten Alpenländer daran beteiligt. Seine Philosophie stützt sich auf die WRRL-Begriffsbestimmung für einen guten ökologischen Zustand, d. h. nicht nur die chemische Qualität, sondern auch andere Aspekte wie ausreichender Wasserstand, Durchgängigkeit und ökosystemare Dienstleistungen. Das Projekt verfolgt einen partizipativen Ansatz unter Einbeziehung von politischen Entscheidungsträgern und beteiligten Interessengruppen. Zu den bisherigen Ergebnissen gehören ein Überblick über den jeweiligen Regulierungs- und Planungsrahmen in den Alpenländern und eine Bestandsaufnahme der Abhilfelinien. Für die nächsten Projektphasen sind eine Überprüfung der auf nationaler Ebene festgelegten sektorbezogenen Richtlinien und die Anwendung eines Protokolls an mehreren Standorten vorgesehen.

[www.ch2oice.eu](http://www.ch2oice.eu) (en)

Kontakt: Giulio Conte [giulio.conte@ambienteitalia.it](mailto:giulio.conte@ambienteitalia.it)

### 5.3 **ABWASSERMANAGEMENT IM PUSTERTAL: VERBESSERUNG DER UMWELTBILANZ**

In Bergregionen mit intensivem Fremdenverkehr ist die Abwasserreinigung problematisch. Insbesondere im Winter nimmt bei niedrigen Temperaturen die Reinigungseffizienz ab und bei Niedrigwasserabfluss die Umweltbelastung zu. Durch den Klimawandel dürften sich die Probleme noch verschärfen, da wegen der geringer werdenden Schneesicherheit in den unteren Lagen mit einer Zunahme des Tourismusdrucks in den höher gelegenen Urlaubsorten zu rechnen ist. Ein völlig neuer Weg wurde im Pustertal (Südtirol) beschritten, wo die Kläranlagen zur Entlastung der Umwelt in geschlossenen Räumen mit kontrollierten Temperaturen untergebracht wurden. Für eine der Anlagen in der Nähe von Bruneck wurde im Innern des Tobl-Bergs eine riesige Kaverne angelegt, für die 200.000 m<sup>3</sup> Gesteinsmaterial abgetragen werden mussten. Die Behandlung der Abwässer von 26 Gemeinden (Anschlussgröße 130.000 Einwohnergleichwerte) wird durch ein 90 km langes Kanalisationsnetz ermöglicht und umfasst eine Drittbehandlung (Denitrifikation) und eine anaerobe Schlammfäulung mit möglicher Wärmerückgewinnung für Prozesszwecke. Verschiedene Bauträger führen das Projekt gemeinsam durch und werden von einem Konsortium der Gemeinden sowie einzelnen Kommunen überwacht. Die Betriebskosten liegen rund 10 Prozent höher als die einer Anlage in Offenbauweise. Allerdings ist der Nutzen für die Umwelt ganz erheblich: Durch die optimierte Reinigungsleistung erledigt sich das Problem niedriger Temperaturen, und Geruchs- und Landschaftsschutzprobleme werden vermieden.

[www.arapustertal.it](http://www.arapustertal.it) (de/en/it)

Kontakt: Lucia Soravia [LuciaS@arapustertal.it](mailto:LuciaS@arapustertal.it)

### BEWÄSSERUNG IM TRENTINO: UMSTIEG AUF GIS-GESTEUERTE AUTOMATISCHE TRÖPFCHENBEWÄSSERUNGSSYSTEME

Faedo und Pilcante sind Weinbaugemeinden im Trentino mit einer langen Bewässerungstradition. Konsortien liefern das Wasser für die Weinbaubetriebe, die bisher manuell betriebene Beregnungsanlagen verwendeten, die sehr personalintensiv und an ein festes Rotationsschema nach einem vorgegebenen Zeitplan unabhängig vom tatsächlichen Bedarf gebunden sind. Bei dem neuen durch Geoinformationssysteme gesteuerten Tröpfchenbewässerungssystem erfolgt die Bewässerungsregelung durch eine Fernsteuereinrichtung, die in ständigem Dialog mit Sensoren zur Überwachung der Bodenfeuchte und zur Bestimmung des Wasserbedarfs steht – eine sehr viel flexiblere Methode. Dank der häufigeren Abgabe kleiner Dosen kann das Wasser tief in den Boden eindringen und bis in den Wurzelbereich der Pflanzen gelangen.

Die Wassereinsparungen werden auf 40 bis 50 Prozent in Faedo und 50 bis 60 Prozent in Pilcante geschätzt. Allein dadurch hat das Konsortium die Möglichkeit, ausschliesslich auf Regenwasser aus Teichen zurückzugreifen und so in sommerlichen Trockenperioden Konflikte mit der öffentlichen Wasserversorgung zu vermeiden. Auch die Einsparungen beim Energieverbrauch sind erheblich, da dieser in direktem Zusammenhang mit der entnommenen Wassermenge steht. Die eingesparten Mittel sind eine wichtige Grundlage für Investitionen in neue technischen Anlagen. Auch die Produktqualität hat sich deutlich verbessert (höherer Fruchtanteil, weniger Blätter), seit Bewässerung und Düngung aufeinander abgestimmt werden können.

[www.claber.it](http://www.claber.it) (en/fr/it)

Kontakt: Michele Chiariello [michele.chiariello@gmail.com](mailto:michele.chiariello@gmail.com)



**Foto 13:**

Die Bewässerung der Weinberge erfolgt über eine Fernsteuerung.

Pflanzenkläranlagen (auch künstliche Feuchtgebiete genannt) sind Systeme zur Abwasserreinigung. Sie bestehen aus kleinen, miteinander verbundenen, wasserdichten Reinigungsbeeten mit unterirdischem Abfluss und offenen Teichen. Die mit Sand- und Kiessubstrat gefüllten Beete sind mit Pflanzenarten bewachsen, die sich von den im Abwasser enthaltenen organischen Substanzen und Nährstoffen «ernähren» und die vorhandenen Mikroorganismen zur Mineralisierung dieser organischen Substanzen und Nährstoffe anregen. Das gereinigte Wasser kann in den natürlichen Wasserkreislauf zurückgeführt oder wiederverwendet werden. Diese Technik wurde in den letzten Jahrzehnten entwickelt und ist als Alternative zu traditionellen zentralen Systemen oder als ergänzende Drittbehandlung gedacht. Aufgrund der niedrigen Investitions- und Betriebskosten eignet sie sich besonders gut für verstreute Kleinsiedlungen, in denen der Transport der Abwässer zur Hauptkläranlage mit unverhältnismäßig hohen Kosten verbunden wäre. Bei fachgerechter Anwendung können auch mit Pflanzenkläranlagen die mit niedrigen Temperaturen verbundenen Probleme vermieden und die hohen Belastungsschwankungen in Touristenzentren mit Saisonbetrieb bewältigt werden.

In der Alpenregion kommt dieses Verfahren am häufigsten in Slowenien zur Anwendung und hat zur Entstehung von Fachunternehmen wie LIMNOS geführt, das sich inzwischen zum erfolgreichen Exporteur und Marktführer entwickelt hat. Innerhalb von zwei Jahrzehnten hat das Unternehmen etwa 20 Anlagen errichtet, die von Pflanzenkläranlagen für Einfamilienhäuser und Berghütten bis zu kleindörflichen und agroindustriellen Anlagen reichen (z. B. Milcherzeugungsbetriebe), die teilweise eine Kapazität von bis zu 1.000 Einwohnerequivalenten haben.

**Foto 14:**

Im slowenischen Dorf Sveti Tomaž reinigt ein künstlich angelegtes Feuchtgebiet seit 2001 das Abwasser von 350 Einwohnern.

[www.limnos.si](http://www.limnos.si) (sl)



## EFFIZIENTE WASSERNUTZUNG IM HÄUSLICHEN BEREICH: DEUTSCHLANDS ERFAHRUNGEN MIT DEM PROJEKT ECOSAN FÜR NACHHALTIGE SANITÄRVERSORGUNG

Der oft allzu vereinfacht mit «weniger Wasser nutzen» gleichgesetzte Begriff «effiziente Wassernutzung» postuliert nicht nur, dass «Wasser eingespart» wird, sondern dass auch festgestellt wird, wie dieses Wasser genutzt wird und warum. Er schliesst auch die Kreislaufführung von Abwasser und ökologische Sanitärlösungen ein, d. h. die Verwendung alternativer Methoden zur Entsorgung menschlicher Ausscheidungen zu Spültoiletten. Auch die Sammlung und Nutzung von Regenwasser bietet interessante Anwendungsmöglichkeiten: für die landwirtschaftliche Bewässerung, die Gartenbewässerung, die Toilettenspülung usw.

Einige Länder wie etwa Deutschland forcieren diese Lösungen durch technische Vorschriften und ökonomische Anreize. In diesen Ländern schreiben die Bauvorschriften die Anwendung der besten verfügbaren Wassermanagementtechnologien einschliesslich unterbrechbarer Spülvorrichtungen, wassersparender Hähne und Abwasserrecycling vor. Die hohen Wasserkosten (und Stromkosten) bieten einen starken Anreiz für Familien, ressourcenschonendere Anlagen zu installieren. Spezielle Abgaben unterstützen die Regenwassernutzung und -versickerung; so berechnet sich beispielsweise in Deutschland die Regenwasserabgabe nach der versiegelten und überbauten Fläche eines Anwesens. Die Haushalte können diese Abgabe senken, indem sie undurchlässigen Untergrund durch regendurchlässiges Pflaster ersetzen und ihre Dächer begrünen und so den Abfluss und die Bau- und Reparaturkosten für die Kanalisation reduzieren.

Das Projekt «Nachhaltige Sanitärversorgung – ecosan» unter der Federführung der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ, früher GTZ) unterstützt eine nachhaltige Sanitärversorgung überall auf der Welt. Ziel des seit 2001 im Auftrag des deutschen Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) durchgeführten Projekts ist die Einführung eines neuen Konzepts, das menschliche Ausscheidungen und häusliche Abwässer als Wertstoffe betrachtet, die zurückgewonnen und sicher wiederverwendet werden können – was dazu beiträgt, den Wassereinsatz zu verringern, die Bodenfruchtbarkeit und damit die Ernährungssicherheit zu verbessern und u. U. Energie zu gewinnen. Zu den verwendeten Technologien gehören Urinentrenn-Dehydrations-toiletten (UDDT), Regenwassernutzung, Pflanzenkläranlagen, Vakuumkanalisation, Biogasreaktoren u. a. In Österreich wurden im Rahmen von alpinen Ecosan-Projekten UDDT-Toiletten in Berggasthütten in Pretulgraben installiert sowie auch im Alpenpark Karwendel, wo ausserdem eine Grauwasserbehandlung eingeführt wurde.

[www.gtz.de/ecosan](http://www.gtz.de/ecosan) (de/en/fr)



**Foto 15:**

Verbesserung des Stadtklimas: Das Regenwasser von ca. 3'000m<sup>2</sup> versiegelter Fläche fliesst in Blumenbeete und verdunstet dort. Jeder Kubikmeter der verdunstet, entzieht seiner Umgebung 680 kWh an Wärmeenergie.

## WASSERAGENTUREN IN FRANKREICH: GETEILTE INFRASTRUKTURKOSTEN

Zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels und zur Erfüllung der Anforderungen der WRRL bedarf es eines integrierten Ansatzes, der sowohl interregional als auch sektorübergreifend ist. Für die dazu erforderliche Umstrukturierung bietet das französische System der Wasserbewirtschaftung einige gute Beispiele bewährter Praxis. Seit 1964 basiert das französische System auf den sechs grossen Flusseinzugsgebieten des Landes. Trotz der ausgeprägten Fragmentierung der Wasserbewirtschaftungssysteme unterstützen eigenständige einzugsgebietsweite Institutionen – die sogenannten Wasseragenturen – die Integration auf Einzugsgebietsebene. Die finanziell autonomen Agenturen erwirtschaften Einnahmen durch wasserbezogene Abgaben (für Verschmutzung, Entnahme, Düngemittelleinsatz usw.). Diese werden für die Unterstützung der an der Wassernutzung und -bewirtschaftung beteiligten Akteure, insbesondere Kommunen und Landwirte, verwendet. Finanzausschüsse werden auf Vertragsbasis nach den Prioritäten der Agenturen gewährt, z. B. pro Einheit der wirksam reduzierten Verschmutzung, oder wenn Landwirte zur Einführung umweltfreundlicher Verfahren bereit sind. Die finanziellen Interventionen und Abgaben sowie die Ausgabenprioritäten werden jährlich durch Abstimmung von einem Wasserparlament (Einzugsgebietskomitee) beschlossen, in dem alle wichtigen Akteure vertreten sind.

Das System hat viele Vorteile. Es schafft Solidarität und mildert Ungleichheiten, die dadurch bedingt sind, dass jedes (auf kommunaler oder interkommunaler Basis organisierte) Bewirtschaftungssystem kostendeckend sein muss. Finanzausschüsse der Agentur sind eine wichtige Kapitalquelle für Neuinvestitionen, insbesondere im Abwasserbereich: Da sie durch Abgabenerhebung generiert und als Rotationsfonds geführt werden, sind die Kosten im Vergleich zu denen des freien Marktes minimal. Ausserdem wird eine Integration auf Einzugsgebietsebene erreicht, ohne dass kleine Gemeinden die für sie so wichtige lokale Bewirtschaftungsautonomie aufgeben müssen. Das System lässt eine Vielzahl von vertraglichen Vereinbarungen zu: Vorrang haben z. B. Projekte, die auf einem integrierten Netz von Anlagen innerhalb eines Teileinzugsgebiets basieren oder die den Prioritäten des einzugsgebietsbezogenen Bewirtschaftungsplans folgen. Die Zahlungen erfolgen nach Zielerreichung, wie z. B. nach Reduzierung der Verschmutzung oder nach Einführung umweltfreundlicher landwirtschaftlicher Betriebsverfahren, anstatt als Kapitalzuschüsse. Die Mittel werden im Rahmen einer Kofinanzierung bereitgestellt und sind eine Ergänzung und kein Ersatz für die Nutzerinvestitionen. Gleichwohl sind sie eine wichtige Finanzierungsquelle für Neuinvestitionen (30 bis 40 Prozent) insbesondere im Abwasserbereich. Weitere Informationen sind bei der Wasseragentur Rhône-Mittelmeer-Korsika erhältlich.



**Foto 16:**

Investiert wurde auch in den Fluss  
Bleone im Departement Alpes-de-  
Haute-Provence

[www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr) (fr/en)

## WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

### Eine aktuelle Linkliste, zusätzliche Beispiele und compacts zu weiteren Themen auf [www.cipra.org/cc.alps](http://www.cipra.org/cc.alps) (de/fr/en/it/sl)

- Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention (2008): Milderung und Anpassung an Klimaveränderungen. [http://www.alpconv.org/de/publications/alpine/Documents/AS5\\_de.pdf](http://www.alpconv.org/de/publications/alpine/Documents/AS5_de.pdf)
- Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention (2009): Wasserhaushalt und Gewässerbewirtschaftung. [http://www.alpconv.org/de/publications/alpine/Documents/rsa2\\_de.pdf](http://www.alpconv.org/de/publications/alpine/Documents/rsa2_de.pdf)
- Bano L., Lorenzoni A. (2008): I costi della generazione elettrica da fonti rinnovabili. In: Economia delle fonti di energia e dell'ambiente, 3/08.
- Beniston M. (2006): Climatic change in the Alps. Referate Workshop: Adaptation to the Impacts of Climate Change in the European Alps in Wengen, Schweiz, 4-6 Oktober 2006.
- Berbel Vecino J. (ed.) (2004): WADI – Sustainability of European irrigated agriculture under the WFD and Agenda 2000, Endbericht. [www.uco.es/investiga/grupos/wadi](http://www.uco.es/investiga/grupos/wadi)
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007): Climate change in the Alps: Facts, impacts, adaptation. Berlin. [www.alpconv.org/documents/Permanent\\_Secretariat/web/library/klimawandel\\_bmu\\_en.pdf](http://www.alpconv.org/documents/Permanent_Secretariat/web/library/klimawandel_bmu_en.pdf)
- CH2OICE Projekt (2008): Report on existing tools and regulatory framework, on national (IT, ES, FR, SK, SL) legislation and analysis of hindrances for joint WFD and RES-e. [www.ch2oice.eu](http://www.ch2oice.eu)
- Conte G. (2008): Nuvole e sciacquoni, Edizioni Ambiente. Milano.
- EEA (European Environment Agency) (2003): Europe's water: An indicator-based assessment, Topic report 1/2003. [www.eea.europa.eu/publications/topic\\_report\\_2003\\_1](http://www.eea.europa.eu/publications/topic_report_2003_1)
- EEA (2009a): Regional climate change and adaptation - The Alps facing the challenge of changing water resources, EEA Report no. 8, 9/2009. [www.eea.europa.eu/publications/alps-climate-change-and-adaptation-2009](http://www.eea.europa.eu/publications/alps-climate-change-and-adaptation-2009)
- EEA (2009b): Water resources across Europe - Confronting water scarcity and growth, EEA Report no. 2, 3/2009. [www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe](http://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe)
- Energylab Foundation (2008): Le condizioni per il ritorno all'energia elettro-nucleare in Italia. Energylab Foundation, Milano. [www.energylabfoundation.org](http://www.energylabfoundation.org)
- European Small Hydropower Association (ESHA) (2008): Current situation of small hydropower in the EU-15. [www.esha.be/fileadmin/esha\\_files/documents/publications/position\\_papers/ESHA\\_contributionDGTREN.pdf](http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/publications/position_papers/ESHA_contributionDGTREN.pdf)
- Haeberli W. (2009): Climate change and high-mountain regions – Adaptation strategies for the Alps. In: Kreuzmann H., Hofer T., Richter J.: Meeting of minds - Decision-makers from Asian and Alpine mountain countries sharing policy experiences in regional cooperation for sustainable mountain development, 59-66. Bonn.
- Harum T., Poltnig W., Ruch C., Freundl G. and Schlamberger J. (2007): Variability and trends of groundwater recharge in the last 200 years in a south alpine groundwater system: Impact on the water supply. Presentation at the International Conference on Managing Alpine Future in Innsbruck, 15–17 October 2007.
- INEA (National Institute of Agricultural Economics, Italy) (2008): L'impatto della Dir. 2000/60 sull'irrigazione in Italia.
- INEA (2009): Lo stato dell'irrigazione in Italia. [www.inea.it](http://www.inea.it)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2008): Climate change and water, Technical report VI. [www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf)
- IREET (2009): Predlog oblikovanja in določanja cen javne službe odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode, 1. delovno poročilo v okviru projektne naloge Izdelava metodologije za oblikovanje in spremljanje cen komunalnih storitev. Inštitut za raziskave v energetiki, ekologiji in tehnologiji, d.o.o. Ljubljana, maj 2009.
- Marangon F., Tomasinsig E., Vecchiet M. (2002): Valutazione tecnico-economica

ed ambientale della fitodepurazione a servizio di piccole utenze. Analisi della situazione in Friuli Venezia Giulia, Forum, Udine.

- Massarutto A. (ed.) (2002): Ciclo integrato delle acque: regole di mercato e strumenti operativi a confronto. Franco Angeli, Milano.
- Massarutto A. (2003): Water pricing and irrigation water demand: Efficiency versus Sustainability. In: European Environment, 13/2003, 100-119.
- Massarutto A. (2007): Water pricing and full-cost recovery of water services: Economic incentive or instrument of public finance? In: Water Policy, 9, 591-613.
- Massarutto A, Paccagnan V., Linares E. (2008): Private operation and public finance of the Italian water industry: a marriage of convenience? In: Water Resources Research, 44, W12425, doi:10.1029/2007WR006443.
- Massarutto A., de Carli A. (2009): I costi economici della siccità: il caso del Po. In: Economia delle fonti di energia e dell'ambiente, L11 (2009), 123-143.
- Massarutto A. (2009): La compensazione dei servizi eco sistemici: un criterio innovativo per impostare i trasferimenti economici a sostegno della montagna. In: Borghi E. (ed.): La sfida dei territori nella Green Economy, 157-172. Il Mulino, Bologna.
- Massarutto A. (2010): An ecological economic understanding of urban water conflicts. In: Barraqué B. (ed.): Urban water conflicts. Routledge, London.
- Oberauer I., Prettenhaler F. et al. (2006): Adaptation in the water supply sector of Eastern Styria (Austria). Presentation at the workshop: Adaptation to the Impacts of Climate Change in the European Alps in Wengen, Switzerland, 4-6 October 2006.
- OcCC/ProClim (Advisory Board on Climate Change/ Swiss Forum for Climate and Global Change) (ed.) (2007): Climate change and Switzerland 2050: Expected impacts on environment, society and economy. Bern.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2007): Climate change in the European Alps: Adapting winter tourism and natural hazards management. OECD, Paris.
- OECD (2010): Pricing water resources and water and sanitation services. OECD, Paris.
- Pfefferkorn W., Egli H. R., Massarutto A. (2005): Regional development and cultural landscape change in the Alps: The challenge of polarisation. In: Geographica Bernensia, G74 (special issue).

- PricewaterhouseCoopers (2009): Green Electricity: Making a difference – An international survey of renewable energy labels.
- Smith J., Howe C., Henderson J. (2009): Climate change and water: International perspectives on mitigation and adaptation. IWA Publishing, London.
- World Commission on Dams (2000): Dams and Development: A new framework for decision-making. Earthscan Publications, London.

## LINKS

- Alpenkonvention: [www.alpconv.org](http://www.alpconv.org) (de/en/fr/it/sl)
- Energy Lab Foundation: [www.energylabfoundation.org](http://www.energylabfoundation.org) (it)
- Europäische Umweltagentur (EEA): [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu) (en)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): [www.bmu.de](http://www.bmu.de)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) (en)
- US Environmental Protection Agency (EPA) support website for small water management systems: <http://water.epa.gov/type/drink/pws/smallsystems/managementhelp.cfm> (en)

## BEISPIELE

- ARA Pustertal: [www.arapustertal.it](http://www.arapustertal.it) (de/en/it). Contact: Lucia Soravia (LuciaS@arapustertal.it).
- CH2OICE Project (Certification for Hydro: Improving Clean Energy): [www.ch2oice.eu](http://www.ch2oice.eu) (en). Contact: Giulio Conte (giulio.conte@ambienteitalia.it).
- Claber irrigation company: [www.claber.it](http://www.claber.it) (en/es/fr/it). Contact: Michele Chiariello (michele.chiariello@gmail.com).
- Ecosan project der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (German Agency for International Cooperation - GIZ, incorporating the former Agency for Technical Cooperation – GTZ): [www.gtz.de/ecosan](http://www.gtz.de/ecosan) (de/en/fr).
- LIMNOS Applied Ecology: [www.limnos.si](http://www.limnos.si) (sl).
- Naturemade Star: [www.naturemade.ch](http://www.naturemade.ch) (de/fr/en/it).
- Piemonte Region, Environment Directorate: [www.regione.piemonte.it/ambiente](http://www.regione.piemonte.it/ambiente) (it). Contact: Elena Porro (elena.porro@regione.piemonte.it).
- Rhone-Mediterranean and Corsica Water Agency: [www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr) (fr/en).

