

# 2025 Wasserversorgung

**Vorprojekt Standortbestimmung  
im Auftrag des BAFU**



## **Impressum**

### **Auftragnehmer (Herausgeber)**

Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs  
8600 Dübendorf

### **Autoren**

Yvonne Kunz, Eawag  
Urs von Gunten, Eawag  
Max Maurer, Eawag

### **Begleitung**

Francis Berdat, vormals WEA Kanton Bern  
Hanspeter Gehring, AWEL Kanton Zürich  
Daniel Hartmann, BAFU  
Urs Kamm, SVGW  
Benjamin Meylan, BAFU  
Stephan Müller, BAFU  
Hanspeter Rüfenacht, sig Genf  
Studer Pierre, BAG

### **Schlussredaktion und Auftraggeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU, 3003 Bern).  
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

### **Zitiervorschlag, Bezug**

Eawag (Hrsg.) 2009: Wasserversorgung 2025 – Vorprojekt. 198 S.  
ISBN Nr: 978-3-906484-55-6 (ebook);  
Download: <http://www.lib4ri.ch/institutional-bibliography/eawag/schriftenreihe-der-eawag.html>

### **Titelfoto**

Seewasserwerk Lengg der Wasserversorgung Zürich  
© Eawag, Ruedi Keller

---

# Inhalt

Abstracts	5
Vorwort	7
Dank	9
Ausgangslage	10
Überblick	11
1. Entwicklung des Wasserdargebots und Wasserverbrauchs	21
2. Wasserqualität	37
3. Wasserkonsum	64
4. Infrastruktur und Organisation der Wasserversorgungen	82
5. Neue Technologien in der Aufbereitung und Analytik	95
6. Gewässerschutz	119
7. Water Policy in Europa	138
8. Wirtschaftliche Aspekte	177
9. Forschungsbedarf	193



---

## Abstracts

The present report reviews the state of knowledge on water supply in Switzerland. It focuses on the public water supply and on the identification of knowledge gaps in this field.

**Keywords:**  
water supply, infrastructure,  
water policy, quality, quantity,  
new technologies, consumption

Der vorliegende Bericht dokumentiert den gegenwärtigen Wissensstand zur Wasserversorgung in der Schweiz. Ein besonderer Fokus liegt bei der öffentlichen Wasserversorgung und der Identifizierung von Wissenslücken.

**Stichwörter:**  
Wasserversorgung, Infrastruktur,  
Wasserpolitik, Qualität,  
Quantität, Neue Technologien,  
Konsum

Le présent rapport documente l'état actuel des connaissances en matière d'approvisionnement en eau en Suisse. L'accent est mis sur l'approvisionnement public en eau potable et sur l'identification des lacunes de connaissances dans ce domaine.

**Mots-clés:**  
approvisionnement en eau,  
infrastructure, politique des  
eaux, qualité, quantité, nouvelles  
technologies, consommation

Il presente rapporto documenta lo stato attuale delle conoscenze in relazione all'approvvigionamento idrico in Svizzera. Un accento particolare è posto sull'approvvigionamento di acqua potabile e sull'individuazione delle lacune conoscitive.

**Parole chiave:**  
Approvvigionamento idrico,  
infrastruttura, politica dell'acqua,  
qualità, quantità,  
nuove tecnologie, consumo



---

# Vorwort

Nach dem extrem heissen und trockenen Sommer 2003 kam es im September auch in einigen Regionen der Schweiz zu einer vorübergehenden Wasserknappheit. Viele kleinere Quellen, deren Schüttung von oberflächennahen Grundwasservorkommen abhängt, versiegten oder lieferten nur noch einen Bruchteil ihrer sonst üblichen Wassermenge. Einzelne Versorgungen ohne Anschluss an ein Verbundnetz ordneten in der Folge vorsorgliche Einschränkungen des Trinkwasserverbrauchs an.

Klimafachleute gehen davon aus, dass ähnliche Extremsituationen aufgrund der globalen Erwärmung in Zukunft auch bei uns häufiger auftreten. Es stellt sich daher die Frage, ob die öffentlichen Wasserversorgungen im Inland für solche Herausforderungen gewappnet sind. Das Bundesamt für Umwelt BAFU beauftragte das Forschungsinstitut Eawag deshalb mit der Vorstudie „Wasserversorgung 2025“. Sie sollte den aktuellen Stand dieses Service public in der Schweiz darlegen und dabei die Hauptaspekte Infrastruktur, Organisation, Wirtschaftlichkeit, Quantität und Qualität der Wasserressourcen sowie die Technologien zur Trinkwasseraufbereitung beleuchten. Ein Ziel bestand zudem darin, bestehende Wissenslücken zu ermitteln.

Die vorläufigen Ergebnisse der Auswertung einer Vielzahl von Fachberichten und Expertengesprächen ergeben im Grossen und Ganzen ein erfreuliches Bild. Als Wasserschloss Europas, das nicht einmal 2 Prozent seiner Niederschlagsmengen für die Versorgung mit Trinkwasser nutzt, droht der Schweiz auch bei zunehmender saisonaler Trockenheit keine Wasserarmut, zumal sie mit ihren Seen über beträchtliche Reserven verfügt. Lokale Engpässe lassen sich durch eine bessere Vernetzung der Wasserwerke gut abfedern. Zwar ist in einzelnen Regionen ein verstärkter Konkurrenzkampf um die Wasserressourcen denkbar, weil sowohl der Bedarf für die landwirtschaftliche Bewässerung als auch jener für Kühlzwecke zunehmen dürfte. Doch konkurrierende Nutzungsansprüche können im Interesse des Gesamtwohls optimal aufeinander abgestimmt werden, am besten durch eine integrale Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Damit lässt sich sicherstellen, dass die Grundwasservorkommen und Fliessgewässer auch künftig nicht übernutzt werden.

Für eine generelle Entwarnung ist es derzeit noch zu früh, weil etliche Wissenslücken und offene Fragen bestehen, die nun im Rahmen des Hauptprojekts „Wasserversorgung 2025“ geklärt werden sollen. So will man zum Beispiel untersuchen, ob die Versorgungssicherheit künftig auch bei steigenden Temperaturen gewährleistet ist, ob die Wasserwerke als Folge des Klimawandels mit einer Verschlechterung

---

rung der Rohwasserqualität rechnen müssen, und welche Massnahmen allenfalls zu treffen sind, um den sich abzeichnenden Problemen zu begegnen. Zudem möchte das BAFU wissen, ob bei flusssnahen Trinkwasserfassungen ein Handlungsbedarf wegen der Infiltration von Schadstoffen besteht, und wie sich Trockenperioden oder vermehrte Starkniederschläge auf die Qualität und Quantität der Gewässer auswirken. Hauptziel der Arbeit sind möglichst konkrete Handlungsempfehlungen zuhanden der Verantwortlichen sowie eine Optimierung der öffentlichen Wasserversorgung im Hinblick auf den Klimawandel.

Stephan Müller, Chef der Abteilung Wasser, BAFU



---

# Dank

Die thematische Breite dieses Berichtes konnten nur mit der Hilfe vieler Expertinnen und Experten in genügender Tiefe bearbeitet werden. An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich für ihre konstruktive Mitarbeit und Unterstützung bedanken. Ganz besonders gilt dies den Mitgliedern der Steuer- und Begleitgruppe:

- Francis Berdat, vormals WEA Kanton Bern
- Hanspeter Gehring, AWEL Kanton Zürich
- Daniel Hartmann, BAFU
- Urs Kamm, SVGW
- Benjamin Meylan, BAFU
- Stephan Müller, BAFU
- Hanspeter Rüfenacht, sig Genf
- Pierre Studer, BAG

Die folgenden Fachleute der Eawag haben für die einzelnen Teilberichte eine wissenschaftliche ‚Göttifunktion‘ übernommen:

- Thomas Egli (Wasserqualität)
- Eduard Höhn (Gewässerschutz)
- Rolf Kipfer (Wasserquantität, Gewässerschutz)
- Hans-Joachim Mosler (Wasserkonsum)
- Bernhard Truffer (Infrastruktur und Organisation, Water Policy, Wirtschaft)

Ein weiterer Dank geht an all die Fachpersonen, welche ihr Wissen und ihre Zeit für dieses Projekt zur Verfügung gestellt haben. Ihre Beiträge sind im Text im Detail referenziert:

Anderhub Alex (Anderhub Kartographie AG, Eschenbach), Berdat Francis (ehemals WWA Bern, Diemerswil), Bürge Norbert (AWEL, Zürich), Döll Petra (Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main), Fuhrer Jürg (Agroscope, Zürich), Gehring Hanspeter (AWEL, Zürich), Hartmann Daniel (BAFU, Bern), Kamm Urs (SVGW, Zürich), Lardelli Corina (SLF, Davos), Lippuner Uli (aqualog AG, Chur), Mann Stefan (Agroscope, Ettenhausen), Meylan Benjamin (BAFU, Bern), Muralt Reto (BAFU, Bern), Oehrli Andreas (Miele AG, Spreitenbach), Pronk Wouter (Eawag, Dübendorf), Ruckstuhl Paul (AWEL, Zürich), Rüfenacht Hans-Peter (SIG, Genève), Schär Christoph (ETH, Zürich), Schär Peter (BAFU, Ittigen), Schwartz Thomas (Forschungszentrum Karlsruhe, Eggenstein-Leopoldshafen), Seiler Kurt (Kt. Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz, Schaffhausen), Sidler Michèle (Aqua Art AG, Zürich), Studer Pierre (BAG, Bern), Vogel Soeren (Eawag, Dübendorf), Zobrist Jürg (Eawag, Dübendorf).

---

# Ausgangslage

Wasser wird in der Schweiz als eine in ausreichender Menge und einwandfreier Qualität zur Verfügung stehende Selbstverständlichkeit betrachtet. Gerade 2% des jährlichen Niederschlages können den Trinkwasserbedarf der gesamten Schweiz decken. Die Versorgung wird durch rund 3000 Wasserversorgungsunternehmen sichergestellt. Aufgrund der guten Qualität des Rohwassers sind aufwendige Wasseraufbereitungen selten erforderlich. Rund 750 Kläranlagen, 3500 Kleinkläranlagen und 90'000 km Kanalisation sorgen für eine nahezu flächendeckende Ableitung und weitgehende Reinigung des Abwassers. Auf den ersten Blick scheint eine nachhaltige Nutzung der Ressource Wasser gewährleistet. Dennoch stellt sich die Frage, wie die heutige Wasserversorgung in ihrer organisatorischen und technischen Struktur auf mögliche zukünftige Veränderungen reagieren und die bestehende Versorgungssicherheit unter Berücksichtigung der technologischen und strukturellen Neuerungen beibehalten kann.

Das Vorprojekt ‚Wasserversorgung 2025‘ will einen Ausblick auf die Wasserversorgung in den nächsten Jahrzehnten ermöglichen. Ziel dieses Vorprojektes war es, die Voraussetzung zu schaffen, um gezielt detaillierte Projekte zum Thema ‚Wasserversorgung 2025‘ zu initiieren und so strategische Entscheidungen auf der Basis abgesicherter Grundlagen zu ermöglichen. Im Zentrum standen dabei die Wasserqualität, die Versorgungssicherheit, sowie finanzielle und strukturelle Aspekte.

Der erste Teil des vorliegenden Hauptkapitels ist das Resultat der Zusammenführung verschiedenster Informationsquellen, insbesondere auch der Erfahrungen einer Vielzahl von Expertinnen und Experten. Er soll einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Informationsstand der schweizerischen Trinkwasserversorgung erlauben und mögliche Wissenslücken in Themenfeldern der Wasserversorgung offenlegen.

Im zweiten Teil des Hauptkapitels werden mögliche Themenbereiche für zukünftige Forschungsprojekte im Zusammenhang mit ‚Wasserversorgung 2025‘ vorgestellt und erläutert.

Der Bericht wurde im Auftrag des BAFU durch eine Fachgruppe der Eawag gestützt auf Literaturlauswertungen und Experteninterviews erarbeitet und durch eine erweiterte Expertengruppe begleitet.

---

# Überblick

## 1. Entwicklung des Wasserdargebots und Wasserverbrauchs

Die klimatischen Veränderungen werden gesamtschweizerisch im Jahresmittel vermutlich zu einer eher geringen Abnahme der Niederschläge, einer Erhöhung der Evapotranspiration und einer Erhöhung der Starkniederschläge führen. Im Grundwasser wird weniger als 1 Jahresniederschlag gespeichert. Da in der Schweiz bisher jedoch nur knapp 2 % der Niederschläge für die Wasserversorgung benötigt wurden, werden allfällige temporäre Versorgungsengpässe regional begrenzt bleiben. Eine stärkere Vernetzung zwischen Wasserversorgungen kann mögliche Knappheiten abfedern. Seen könnten zudem während Trockenperioden als Puffer dienen.

Auf lokaler Ebene ist die zukünftige Entwicklung des Wasserdargebots noch weitgehend unklar. Sobald regionale Niederschlagsvorhersagen und hydrologische Modelle mit geringeren Unsicherheiten behaftet sind, liegen für die Wasserversorgungen bessere Informationen für deren langfristige Planung vor. Schliesslich werden in Zukunft vermutlich die Beeinträchtigungen der Grundwasserverhältnisse durch den in der Schweiz sehr starken Landnutzungsdruck eher zunehmen.

Auch die Entwicklung der Wassernutzung ist für die Wasserversorgungen essenziell. Die Entwicklungen in der Bewässerung, die Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklung und der Wasserverbrauch pro Haushalt werden dabei entscheidend sein. Eine mögliche Zunahme der Bewässerung, z. B. während Trockenperioden, wird ausschlaggebend für Veränderungen auf Seite der Wassernutzung sein und könnte insbesondere auch die Wasserqualität beeinflussen. Ebenfalls kann es regional zu Bevölkerungszuwachs oder einer Bevölkerungsabnahme kommen. In beiden Fällen würde dies den Wasserverbrauch lokal beeinflussen. Seitens der Haushalte ist es wahrscheinlich, dass sich demographische, ökonomische und klimatische Veränderungen auf den Wasserverbrauch auswirken werden. In wie weit Trinkwasser- und Abwasserpreise, demographische Faktoren oder Einstellungen der Bevölkerung eine Rolle spielen, ist für die Schweiz jedoch nicht quantifiziert. Aussagen zum zukünftigen Wasserverbrauch bleiben deshalb weitgehend qualitativ. Ebenso wenig können quantitative Angaben gemacht werden, wie der Wasserverbrauch massgeblich beeinflusst werden kann.

Aufgrund des Vernetzungsgrades der Wasserversorgungen kann abgeschätzt werden, wie Wasserversorgungen die Entwicklungen des Wasserdargebots und der Nachfrage auffangen können. Während zur physischen Vernetzung in vielen Kantonen Informationen vorhanden sind, kann meist wenig über die organisatori-

---

schen und finanziellen Aspekte der Vernetzung ausgesagt werden. Auch ist auf Bundesebene wenig bekannt, ob die Abfederung der Entwicklungen bezüglich der Wasserverfügbarkeit, zum Beispiel das Sichern einer ausgewogenen Grundwasserbilanz durch Wasserversorgungspläne, in die Massnahmenplanung einfliesst. Hervorzuheben ist, dass sowohl auf Seite des Wasserhaushaltes wie auch auf Seite des Verbrauchs regional aufgelöste Daten für die langfristige Planung der Wasserversorgungen nötig sind. Diese Daten sind grösstenteils (noch) nicht vorhanden oder mit erheblichen Unsicherheiten verbunden.

## 2. Wasserqualität

Die Qualität des Trinkwassers in der Schweiz kann als gut beurteilt werden, was unter anderem umfangreichen Gewässerschutzbemühungen wie dem planerischen Gewässerschutz, verschärften Abwassereinleitungsbestimmungen oder den Massnahmen zur Reduktion des Nitratreintrags in Gewässer zu verdanken ist. Aufgrund der heutigen Datenlage beim Bund ist die gute Trinkwasserqualität aber schwierig zu belegen, da eine zentrale Datenbank bisher fehlt<sup>1</sup>. In naher Zukunft wird diese Informationslücke aber geschlossen<sup>2</sup>. Schliesslich ist über die Wasserqualität im Verteilnetz und in den Haushaltungen wenig bekannt.

Verunreinigungen treten vor allem in kleineren Wasserversorgungen im ländlichen Raum<sup>3</sup> sowie in Karstgebieten auf. Probleme resultieren dort häufig aufgrund einer, oft nicht ausreichenden, einstufigen Aufbereitung von Grundwasser mit UV oder Chlor, ungenügend ausgebildetem Personal oder schlecht gewarteten Anlagen.

Es ist noch unklar, in wie weit der vermutlich weiterhin voranschreitende Strukturwandel sowie neue Produktionstechniken in der Landwirtschaft, zu einer Veränderung der Nitrat- und Pestizidproblematik führen. Die Entwicklung der verschiedenen Parameter der Grundwasserqualität kann anhand der kurzen Messreihe der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA nicht abschliessend beurteilt werden.

Durch die verbesserte Analytik werden vermutlich weiterhin neue Spurenstoffe detektiert<sup>4</sup>. Deshalb könnten unter anderem stärker an Siedlungen gekoppelte Stoffe wie beispielsweise MTBE und andere Spurenstoffe in Zukunft vermehrt in den Fokus des Gewässerschutzes und der Aufbereitung gelangen. Da die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Stoffen deren Verhalten in der Aufbereitung und in der Umwelt bestimmen, sollte sich die zukünftige Strategie bezüglich

---

<sup>1</sup> Studer, BAG

<sup>2</sup> Studer, BAG

<sup>3</sup> Füchslin et al. 2005

<sup>4</sup> Sacher & Brauch 2005

---

der Spurenstoffe an diesen Eigenschaften ausrichten<sup>5</sup>. Dies könnte dazu führen, Regelungen bezüglich neu auftretender Spurenstoffe rascher einführen zu können. Für die Wasserqualität spielt weiter der Zustand der Abwasserinfrastruktur eine wichtige Rolle. Schliesslich könnte auch der Klimawandel auf die Wasserqualität Einfluss nehmen. Wie sich dies äussern wird, ist aber grösstenteils noch spekulativ.

In der Schweiz konnten bisher nur in Einzelfällen Infektionskrankheiten aufs Trinkwasser zurückgeführt werden. Es ist wahrscheinlich, dass durchs Trinkwasser übertragene Krankheiten auch in der Schweiz erhebliche Kosten mit sich bringen. Es kann jedoch aufgrund der heutigen Datenlage nicht abgeschätzt werden, in welcher Grössenordnung die Kosten aufgrund trinkwasserbedingter Krankheiten ausfallen. Die Ratifizierung des WHO Protokolls über Wasser und Gesundheit könnte in diesem Bereich künftig mehr Transparenz schaffen.

### 3. Wasserkonsum

Trinkwasser gilt als wichtigstes Lebensmittel für den Menschen. Von den 162 l Leitungswasser, welche pro Tag und Person verbraucht werden, werden 5.4 l fürs Trinken und Kochen verwendet. Wichtige Faktoren, welche beeinflussen, ob Mineralwasser oder Leitungswasser getrunken wird, sind Geschmack, Geruch und Farbe des Wassers, die Sicherheit und das Gesundheitsbewusstsein. Aber auch die Medien, die Werbung oder demographische und soziale Faktoren beeinflussen, ob Leitungswasser getrunken wird.

In der Schweiz ist die Akzeptanz von Leitungswasser sehr hoch. Trotzdem nimmt auch der Konsum von Flaschenwasser in der Schweiz stetig zu. Welchen Faktoren dies zugrunde liegt, kann nicht abschliessend beantwortet werden, da es sich beim Trinkwasserkonsum um ein eher unbewusstes Konsumverhalten handelt. Aus Umfragen geht hervor, dass wahrgenommene oder effektive Qualitätsmängel im Trinkwasser den Konsum von Flaschenwasser fördern können. Umgekehrt ist der erhöhte Verkauf von Flaschenwasser kein eindeutiger Indikator für ein fehlendes Vertrauen in die Wasserversorgung<sup>6</sup>, insbesondere da die Schweizer Wasserversorgungen in der Bevölkerung ein sehr gutes Image haben und Mineralwasser zum Teil auch als Ersatz von Süssgetränken konsumiert wird<sup>7</sup>.

Trotzdem bestehen bei der Bevölkerung teilweise erhebliche Wissenslücken. Beispielsweise werden oft Schadstoffe im Trinkwasser vermutet. Auch der Wasserpreis ist der Bevölkerung kaum bekannt. Damit Bedenken bezüglich des Trink-

---

<sup>5</sup> von Gunten, Eawag

<sup>6</sup> Fife-Schaw et al. 2007

<sup>7</sup> Means et al. 2002

---

wassers in der Bevölkerung nicht zunehmen, ist es für die Wasserversorgungen wichtig, ihre Kundschaft aktiv zu informieren. Es ist deshalb abzusehen, dass eine aktive Informationspolitik für die Wasserversorgungen in der Schweiz an Bedeutung gewinnen wird. Damit kann Unsicherheiten und Ängsten bei der Kundschaft vorgebeugt werden. Ebenfalls können die momentan noch erheblichen Kenntnislücken seitens der Bevölkerung geschlossen werden.

#### 4. Infrastruktur und Organisation der Wasserversorgungen

Ungefähr 3000 Wasserversorgungen beliefern die Schweizer Bevölkerung mit Trinkwasser. Die schweizerische Wasserversorgung ist deshalb von einer kleinteiligen Struktur geprägt. Diese Eigenheit wirkt sich unter anderem auf die Infrastrukturplanung aus.

Die mittel- und langfristige Planung der Wasserversorgungsinfrastruktur wird in der Schweiz sehr unterschiedlich gehandhabt, abhängig von den kantonalen Vorgaben und den betriebseigenen Initiativen. Planungsvorgaben wie Generelle Wasserversorgungsprojekte (GWP) sind in einigen Kantonen vorhanden. Es ist jedoch schwierig, eine nationale Übersicht über allfällige Defizite, geplante Massnahmen und Finanzbedarf zu erhalten, da GWP nicht in allen Kantonen vorgeschrieben sind und deren Vergleichbarkeit nicht immer gegeben ist<sup>8</sup>. Ohne weitergehende Interventionen zeichnet sich hier keine Änderung der Situation ab.

Von den befragten Fachleuten wird ein stark erhöhter Investitionsbedarf vor allem bei kleineren Versorgern erwartet. Ob diese durch anstehende Investitionen in finanzielle Engpässe geraten werden, ist schwierig abzuschätzen. Abhängig ist dies auch davon, in wie weit Gemeinden und Wasserversorgungen bei Erneuerungsprojekten von den Kantonen unterstützt werden. Auch diesbezüglich herrscht eine grosse regulatorische Vielfalt in den Kantonen. In gewissen Kantonen bestehen beispielsweise Fonds für solche Erneuerungsinvestitionen.

Die Koordination der Wasserversorgung ist im Moment vor allem die Aufgabe der Kantone. Verfügen diese nicht über genügend fachliche und personelle Ressourcen, können sie diese Aufgabe nur ungenügend wahrnehmen.

Der Wasserversorgungsatlas fasst auf nationaler Ebene die verfügbare Infrastruktur zusammen und gibt Auskunft über die Trinkwasserversorgung in Notlagen. Er

---

<sup>8</sup> Nicht alle Mitglieder der Begleitgruppe waren sich jedoch sicher, dass eine vermehrte Planung mittels einheitlichen GWPs dazu führen würde, dass Defizite, nötige Massnahmen und der Finanzbedarf besser erkannt werden. Begründet wurde dies dadurch, dass wesentliche Entscheidungen (Investitionen, Tarifgestaltung, Personalfragen) unabhängig von GWP getroffen werden.

---

enthält aber keine Informationen über den Zustand und das Alter der Anlagen und wurde bisher auch nicht von allen Kantonen erstellt. Die dem Wasserversorgungsatlas zugrundeliegenden Daten und deren Aktualität sind sehr uneinheitlich, so dass der Datentransfer und die weitere Auswertung der Daten ineffizient ist.

Im Bereich standardisierter Datenmodelle für die Infrastruktur könnten im Zusammenhang mit dem Wasserversorgungsatlas und dem neuen Geo-Informationsgesetz noch substanzielle Aufwendungen für Datenerhebung und –konvertierung für die Betriebe anfallen. Diese Vereinheitlichung brächte aber erhebliche Vorteile bei der Erstellung, Aktualisierung und Nutzung der Wasserversorgungsatlantent.

Es konnten, mit Ausnahme des Klimawandels, keine zwingenden Treiber gefunden werden, die in Zukunft zu starken Veränderungen der Struktur der Wasserversorgung in der Schweiz führen würden. Eine starke organisatorische Regionalisierung und eine Reduktion der Anzahl Wasserversorgungen (Trägerschaften) sind in Zukunft wenig wahrscheinlich. Die befragten Fachleute deuten aber auf einen konstanten Trend zur Vernetzung der Wasserversorgungen und somit auf eine verbesserte Versorgungssicherheit hin. Inwiefern dies ein gesamtschweizerisches Phänomen ist und wie gross der Vernetzungsgrad ist, ist auf Bundesebene unbekannt. Die zunehmende Vernetzung könnte aber im Hinblick auf mögliche regionale Wasserengpässe und vermehrte Nutzungskonflikte aufgrund des Klimawandels interessant sein.

Bisher gab es keine Privatisierungen und Liberalisierungen in der Schweiz<sup>9</sup>. Auch für die Zukunft scheinen Liberalisierungen nicht wahrscheinlich<sup>10</sup>. Dies obwohl verschiedene Treiber für Veränderungen in der Wasserversorgung auch in der Schweiz bestehen<sup>11</sup>. So die Budgetrestriktionen in vielen Gemeinden, erhöhte Anforderungen an die Trinkwasserqualität oder die Liberalisierung im Energiemarkt.

Verschiedene Wasserversorgungen schliessen sich zu öffentlich-rechtlichen Zweckverbänden oder zu Gruppenwasserversorgungen zusammen<sup>12</sup>, vor allem um die Wassergewinnung gemeinsam vorzunehmen und Bedarfsspitzen besser abzudecken<sup>13</sup>. Zudem besteht eine Tendenz, dass grössere Wasserversorgungen beispielsweise in Städten mehr Autonomie in ihren Entscheidungen erlangen<sup>14</sup>. Es

---

<sup>9</sup> Scherrer et al. 2004

<sup>10</sup> Luís-Manso 2005

<sup>11</sup> SVGW 2000

<sup>12</sup> In den letzten 25 Jahren wurden im Kanton Bern rund ein Dutzend umfassende regionale Umstrukturierungen durchgeführt. (Berdat, ehemals WWA Bern)

<sup>13</sup> Klein 2000

<sup>14</sup> Luís-Manso 2005

---

besteht aber auf Bundesebene keine Datenbasis um von diesen Einzelfällen auf einen Trend schliessen zu können.

## 5. Neue Technologien in der Aufbereitung und der Analytik

Wo die Wasserqualität für den Trinkwasserkonsum nicht ausreichend ist, muss aufbereitet werden. In der Schweiz werden 33% des kommunalen Trinkwassers einfach und 29% mehrstufig aufbereitet. 38% kann ohne Aufbereitung ins Trinkwassernetz gespeist werden<sup>15</sup>. Die Aufbereitungstechnologien entwickeln sich ständig. Membranverfahren, vor allem die Ultrafiltration, werden vermehrt in der Wasseraufbereitung eingesetzt. Die Ultrafiltration eignet sich insbesondere bei Karstgrundwasser und Seewasser, auch in Kombination mit Pulveraktivkohle (PAK), wenn Spurenstoffe abgetrennt werden müssen. Obwohl verschiedene weitergehende Oxidationsverfahren bestehen und zum Teil auch angewandt werden, sind keine Treiber auszumachen, welche zu einer breiten Anwendung dieser Verfahren in der schweizerischen Trinkwasserversorgung führen würden. Schliesslich ist es gut möglich, dass sich Entwicklungen in der Nanotechnologie auch auf die Trinkwasseraufbereitung in der Schweiz auswirken werden. Die Nanotechnologie eignet sich für verschiedenste Verfahren der Wasseraufbereitung. Ob sich Nanomaterialien aber in der Wasseraufbereitung durchsetzen werden, hängt unter anderem von deren Preis und deren Umweltverträglichkeit ab, wobei über letzteres noch sehr wenig bekannt ist.

Wichtig bei bewährten, wie auch neuen Aufbereitungstechnologien ist, dass diese fachgerecht eingesetzt werden, was ein gewisses Know-How voraussetzt. Es ist nicht bekannt, wie stark dieses Know-How bei den Wasserversorgern vorhanden ist und wie sie die verschiedenen Aufbereitungsverfahren in der Praxis einsetzen. Eine Umfrage unter Wasserversorgungen bezüglich Ozonung lässt darauf schliessen, dass die Wasserversorgungen oft nicht über ausreichende Informationen verfügen, um die Aufbereitungstechnologien fachgerecht einzusetzen<sup>16</sup>. Diese für die Schweiz vermutlich repräsentative Umfrage zeigt auf, dass der Einsatz von Aufbereitungstechnologien in kleineren Wasserversorgungen problematisch sein kann.

Neue Technologien kommen auch in der Trinkwasseranalytik zum Einsatz. Die Durchflusszytometrie ist ein Beispiel für eine neue Technologie in der Analytik. Sie liefert mit der Gesamtzellzahl einen neuen Parameter zur Messung der hygienischen Trinkwasserqualität. In Kombination mit Färbungen und der Messung von ATP können auch Aussagen über die Vitalität der Organismen gemacht werden. Neue molekulare Methoden erlauben den direkten Nachweis gewisser Organis-

---

<sup>15</sup> Hochrechnung BAFU 2003 ([www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch))

<sup>16</sup> von Gunten & Salhi 2000



---

mengruppen oder sogar Arten. Da anzunehmen ist, dass weiterhin neue Pathogene auftreten werden<sup>17</sup>, sind solche neuen Methoden in der mikrobiellen Analytik besonders wichtig, da sie eine wesentlich bessere Datenerfassung ermöglichen<sup>18</sup>.

Chemische Parameter werden mit neuen Methoden in immer geringeren Konzentrationen messbar. So werden in der Umwelt auch immer mehr Chemikalien und Metaboliten gemessen. Häufig fehlt dabei eine Einschätzung des Risikos dieser neu auftretenden Stoffe, da die humantoxikologisch bedenklichen Dosen für viele Stoffe nicht bekannt sind und oft unklar ist, wie sich verschiedene Stoffe in Kombination auf den menschlichen Körper auswirken<sup>19</sup>.

## 6. Gewässerschutz

Gewässerschutzbestimmungen haben in der Schweiz eine lange Tradition und konnten über Jahrzehnte verbessert und so neuen Herausforderungen angepasst werden. Verschiedene Gewässerschutzbestimmungen, wie die Verbesserung der Abwasserreinigung und Nitratprojekte nach Artikel 62a des Gewässerschutzgesetzes, haben zu einer merklichen Verbesserung der Wasserqualität in Oberflächengewässern und Grundwasser geführt. Der Gewässerschutz hat deshalb einen erheblichen Einfluss auf die Wasserversorgung.

Der planerische Grundwasserschutz mit den Gewässerschutzbereichen, den Grundwasserschutzzonen S1-S3 und den Grundwasserschutzarealen ist ausgereift und hat sich gemäss Experteneinschätzung bezüglich Gefährdung sowohl durch pathogene Keime wie auch durch Unfälle mit wassergefährdenden Flüssigkeiten bewährt<sup>20</sup>. Auch bezüglich des Nitrats ist anzunehmen, dass durch die Ausscheidung von Schutzzonen positive Effekte für die Wasserqualität resultieren. Direkte Zusammenhänge zwischen Schadstoffrends und Schutzmassnahmen sind aufgrund der heutigen Datenlage jedoch schwierig herzustellen. Ebenfalls ist noch nicht abzusehen, in wie weit die Kantone von der Möglichkeit Gebrauch machen werden, Zuströmbereiche für die Sanierung der Gewässer bezüglich schwer abbaubarer Stoffe wie Nitrat oder Pflanzenschutzmittel auszuschneiden.

Um den Erfolg der Bestimmungen des planerischen Grundwasserschutzes besser als bisher beurteilen zu können, müssen die vielen bestehenden Daten über das Grundwasser besser verwaltet und aufbereitet werden<sup>21</sup>. Die Kantone haben sehr unterschiedliche Kenntnisse über Kennzahlen der Grundwasserbewirtschaftung

---

<sup>17</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>18</sup> Egli, Eawag

<sup>19</sup> Sacher & Brauch 2005

<sup>20</sup> Hoehn, Eawag

<sup>21</sup> Hoehn, Eawag

---

und der Bund hat darüber keinen Überblick. Es sollte festgelegt werden, welche Informationen für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung notwendig sind.

Direkte Einflüsse von verbesserter Fliessgewässerqualität auf die Wasserversorgung sind insbesondere in flussnahen Grundwasserfassungen bekannt, die gesamtschweizerische Bedeutung wurde bisher jedoch nicht abgeschätzt. Jedoch haben die verbesserte Fliessgewässerqualität und die weitergehende Abwasserreinigung positive Effekte für die Seewasserqualität und somit für die Seewasserwerke mit sich gebracht.

Einen hohen Anteil an der heutigen Gewässersituation hat zweifelsohne die beinahe vollständige Abwasserableitung und -reinigung. Im Bereich Abwasserentsorgung sind verschiedene Entwicklungen in Bezug auf die Qualität in Oberflächengewässern und dem Grundwasser massgebend. Einerseits muss ein nicht unerheblicher Anteil der Abwasserinfrastruktur kurz- und mittelfristig saniert werden<sup>22</sup>, da diese Infrastruktur substantielle Schäden aufweist. Als weitere Herausforderung für die Abwasserentsorgung sind Spurenstoffe zu nennen. Das Verhalten und die Wirkung von pharmazeutischen Stoffen, Körperpflegeprodukten, endokrin wirksamen Stoffen, etc. in der Umwelt sind grösstenteils unbekannt<sup>23</sup>. Gegenwärtig wird untersucht, ob bestimmte Abwässer in Zukunft mit einer kombinierten Desinfektion/ Entfernung von Spurenstoffen weitergehend aufbereitet werden sollen. Schliesslich wird bei Regenwetter und Hochwasser ein Teil des Abwassers ungeklärt in Fliessgewässer eingeleitet (Mischwasserentlastungen). Unerwünschte Stoffe und Bakterien gelangen so in die Oberflächengewässer.

Aufgrund der heutigen Datenlage ist es nur schwer möglich abzuschätzen, wie gut die Bestimmungen des planerischen Grundwasserschutzes umgesetzt werden. Insbesondere für kleinere Wasserversorgungen ist die Schutzzonenausscheidung oft sehr teuer<sup>24</sup>. Es ist unklar, in wie weit sich dies auf den Vollzug der Bestimmungen auswirkt. Die Ausscheidung von Schutzzonen sollte vermehrt in eine regionale Gesamtplanung der Wasserversorgung integriert werden. Für die Schweiz liegt noch kein Vergleich vor, zwischen den Kosten z.B. für die Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen und dem Nutzen des Grundwasserschutzes, insbesondere der Ersparnis von Aufbereitungsmassnahmen.

## 7. Water Policy in Europa

Die Strukturen, welche in verschiedenen europäischen Staaten vorherrschen, haben alle Vor- und Nachteile, könnten aber Hinweise darauf geben, wie Wasser-

---

<sup>22</sup> Herlyn 2007

<sup>23</sup> Schirmer et al. 2007

<sup>24</sup> Hoehn, Eawag

---

versorgungen flexibel auf zukünftige Veränderungen reagieren können. Der Vergleich mit anderen europäischen Staaten zeigt, dass einige Staaten wie Frankreich, Italien, England und Wales oder die Niederlanden keine mit der Schweiz vergleichbaren Strukturen aufweisen. In anderen Ländern, wie beispielsweise Österreich oder Deutschland sind die Strukturen der Wasserversorgung jenen der Schweiz sehr ähnlich. Deutschland beispielsweise, ist wie die Schweiz föderal aufgebaut. Die institutionellen Strukturen des Gewässerschutzes und der Gewässerbewirtschaftung in Deutschland sind aufgrund dieser föderalen Struktur sehr vielfältig, was dazu führt, dass Schwächen des Systems keine Krise der gesamten Wasserwirtschaft zur Folge haben, sondern nur regional auftreten<sup>25</sup>.

In Bezug auf eine Liberalisierung oder Umstrukturierung in der Wasserversorgung sind in Deutschland verschiedene zusätzliche Treiber vorhanden, wie ein Rückgang des Wasserverbrauchs oder Widerstand der Konsumenten gegen Preiserhöhungen, welche in der Schweiz nicht oder (noch) nicht in dieser Stärke auszumachen sind. In Deutschland hat es aufgrund dessen bisher vor allem Teilprivatisierungen und vertragliche Übertragungen des Wasserversorgungsbetriebes auf Private gegeben während in der Schweiz solche Trends nicht beobachtet werden können. In verschiedenen Schweizer Wasserversorgungen förderte die Diskussion um die Liberalisierung in der Wasserversorgung jedoch, dass die Effizienz des Unternehmens hinterfragt und verbessert wurde<sup>26</sup>.

Für die Wasserwirtschaft in Europa sind auf rechtlicher Ebene die Wasserrahmenrichtlinie und ihre Tochterrichtlinien massgebend. Sie enthalten verschiedene Elemente, wie das integrale Einzugsgebietsmanagement oder das Verschlechterungsverbot für Gewässer, welche für einen einheitlichen Gewässerschutz in Europa sorgen sollen und auch für die Wasserversorgungen Auswirkungen haben. Momentan laufen in der Schweiz auf freiwilliger Ebene Pilotprojekte bezüglich integralen Einzugsgebietsmanagements. Es ist aber noch unklar, welche Rolle das integrale Einzugsgebietsmanagement in Zukunft in der Schweizerischen Gewässerbewirtschaftung spielen wird. Eine weitergehende Regionalisierung, in welcher auch der Abwasserbereich in die Planung mit einbezogen wird, könnte ebenfalls eine mögliche Entwicklung sein. Dies würde zu einer Bündelung der Kompetenzen führen. Unsicher ist aber noch, in wie weit eine Regionalisierung auch über Kantonsgrenzen hinweg möglich ist. Ebenfalls ist unklar, ob und wie sich andere Aspekte der Wasserrahmenrichtlinie wie beispielsweise die vollständige Kostendeckung in der Wasserwirtschaft auf die schweizerische Gesetzgebung auswirken könnten.

---

<sup>25</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>26</sup> von Gunten, Eawag

---

## 8 Wirtschaftliche Aspekte der Wasserversorgung

Der monetäre Wert der Wasserversorgung mit seiner qualitativ und quantitativ guten Wasserverfügbarkeit umfasst nicht nur den direkt erwirtschafteten Umsatz der Wasserversorgungen sondern auch Aspekte wie die Volksgesundheit, die Lebensqualität oder das Image der Schweiz als Tourismusland. Die Wasserversorgung ist zudem zentral für die Lebensmittelbranche und den Löschschutz. Schliesslich haben Grundwasserschutzmassnahmen für das Trinkwasser positive externe Effekte z.B. für den ökologischen Wert der Gewässer, die Fischerei oder die Badewasserqualität. Die meisten dieser Werte sind für die Schweiz nicht quantifiziert.

Zu Wasserversorgungen, welche nicht in der SVGW-Statistik erfasst sind (vorwiegend kleinere Betriebe), fehlen detaillierte Angaben zu wirtschaftlichen Kennzahlen. Die Datengrundlage ist somit für eine Beurteilung der Effizienz in der Wasserversorgung unzureichend. Freiwillige Benchmarkingprojekte können helfen, trotzdem Vergleiche zu ziehen. Ohne überregionale Koordination scheinen sich Kennzahlen- und Benchmarkingprojekte aber nicht durchzusetzen. Es wird somit vermutlich weiterhin nicht möglich sein, Wasserversorgungen und deren Leistungen zu vergleichen.

---

# Entwicklung des Wasserdargebots und Wasserverbrauchs

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche EAWAG: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz, Urs von Gunten, Max Maurer



Bild: C. Schär

---

## Zusammenfassung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Verfügbarkeit der Trinkwasserressourcen. Diese wird einerseits beeinflusst durch die Änderungen des Wasserdargebots, andererseits durch mögliche Veränderungen des Wasserverbrauchs und der natürlichen Speicher.

Die klimatischen Veränderungen werden wahrscheinlich gesamtschweizerisch zu einer Abnahme der Niederschläge und einer Erhöhung der Evapotranspiration führen. Da in der Schweiz bisher jedoch nur knapp 2 % der Niederschläge oder ca. 5% der erneuerbaren Wasserressourcen für die Trinkwasserversorgung benötigt wurden und schweizweit genügend natürliche Speicher vorhanden sind (das 5 bis 6-fache der Jahresniederschläge), werden Versorgungsengpässe voraussichtlich regional begrenzt bleiben.

Eine mögliche Zunahme der Bewässerung wird ausschlaggebend für Veränderungen auf Seite der Wassernutzung sein. Ebenfalls kann es regional zu Bevölkerungszuwachs oder einer Bevölkerungsabnahme kommen. In beiden Fällen würde dies den Wasserverbrauch lokal beeinflussen. Hervorzuheben ist, dass sowohl auf Seite des Wasserhaushaltes wie auch auf Seite des Verbrauchs regional aufgelöste Daten für die langfristige Planung der Wasserversorgungen nötig sind. Diese Daten sind vielerorts (noch) nicht vorhanden oder mit erheblichen Unsicherheiten verbunden.

Siehe auch das Kapitel ‚Entwicklungstendenzen‘.

# 1 Momentanes Wasserdargebot in der Schweiz

## 1.1 Wasserbilanz

### Niederschlag

Der durchschnittliche Niederschlag in der Schweiz beträgt ca. 1460 mm pro Jahr<sup>27</sup>, was 60.3 km<sup>3</sup> Wasser entspricht. Die Niederschläge sind räumlich heterogen verteilt (Abb. 1).

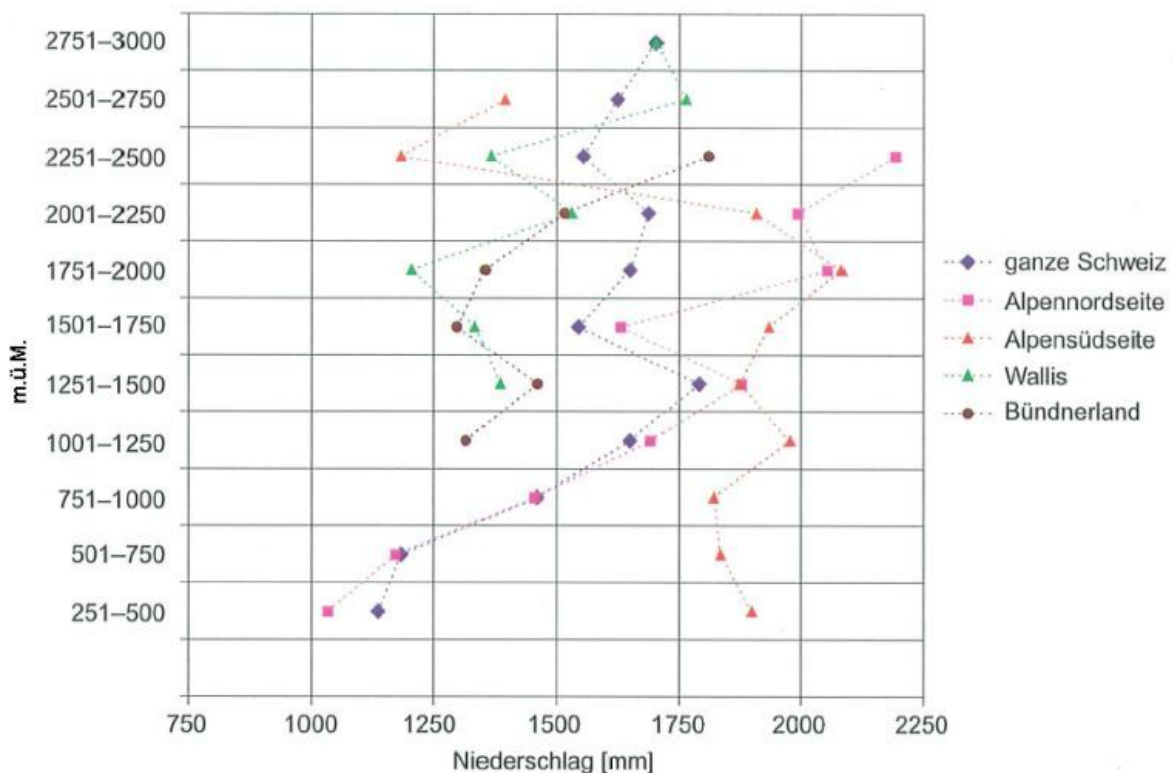


Abb. 1: durchschnittliche Niederschlagsmengen in verschiedenen Regionen in Abhängigkeit der Höhe über Meer<sup>28</sup>

### Evapotranspiration und Abfluss

Die Evapotranspiration beläuft sich auf ca. 470 mm bzw. 19.4 km<sup>3</sup> pro Jahr<sup>29</sup>, also etwa einem Drittel des jährlichen Niederschlags. Der Abfluss beträgt in der Schweiz 991 mm bzw. 41 km<sup>3</sup> pro Jahr, was

<sup>27</sup> Schädler & Weingartner 2002A

<sup>28</sup> aus: Schädler & Weingartner 2002B

<sup>29</sup> Schädler & Weingartner 2002A

mehr als zwei Dritteln des Niederschlags entspricht (Abb. 2). Die Wasserspeicher nahmen zwischen 1961 und 1990 durchschnittlich um 2 mm oder 0.1 km<sup>3</sup> pro Jahr ab<sup>30</sup>.

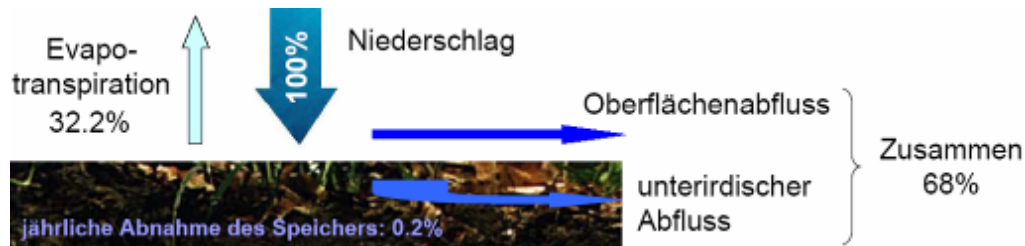


Abb. 2: Durchschnittlicher Wasserhaushalt in der Schweiz 1961-1990<sup>31</sup>

Der Anteil der Evapotranspiration am Gesamtniederschlag hängt von der Vegetationsbedeckung, den Bodenverhältnissen, vom Wasserangebot<sup>32</sup> sowie von klimatischen Grössen wie der Strahlung, der relativen Luftfeuchte oder dem Wind<sup>33</sup> ab und variiert deshalb räumlich stark.

Vom verbleibenden Abfluss versickert gesamtschweizerisch ungefähr die Hälfte ins Grundwasser. Dieser Anteil ist für die Wasserversorgung relevant, die andere Hälfte fliesst an der Oberfläche ab. Regional kann der Anteil unterirdischen Abflusses ganz verschieden sein, abhängig vor allem von den Bodeneigenschaften<sup>34</sup>.

## 1.2 Wasserreserven

Auch die Wasserreserven sind ein wichtiger Bestandteil des Wasserkreislaufes. Die Speicher, welche in der Schweiz eine Rolle spielen, sind in Tab. 1 zusammengestellt. Gletscher nehmen im Wasserkreislauf einen speziellen Platz ein: durch die Gletscherschmelze in trockenwarmen Perioden wirken sie als ausgleichende Wasserspeicher<sup>35</sup>. Eine grosse Bedeutung kommt auch den Seen zu. In Schweizer Seen werden knapp 4 Jahresniederschläge gespeichert (Tab. 1).

Speicher	Wassermenge [km <sup>3</sup> ]	Wasserhöhe [mm]	Speicher Anteil [%]	Anteil eines Jahres- Niederschlags [%]
Grundwasser	50	1210	22	83
Gletscher	45	1090	19	75
Natürliche Seen	132	3210	57	220
Künstliche (Stau-) Seen	4	100	2	7
Total	231	5610	100	385

Tab. 1: Wasserreserven in der Schweiz<sup>36</sup>

<sup>30</sup> Schädler & Weingartner 2002A

<sup>31</sup> Daten aus: Schädler & Weingartner 2002A

<sup>32</sup> Spreafico & Weingartner 2005

<sup>33</sup> Zebisch et al. 2005

<sup>34</sup> Spreafico & Weingartner 2005

<sup>35</sup> Spreafico & Weingartner 2005

<sup>36</sup> Quelle: Schädler 1995



---

In der Schweiz wird mehr als 80% des Trinkwassers aus Grundwasser (inklusive Quellen) gewonnen<sup>37</sup>. Dem Grundwasser kommt demnach eine grosse Bedeutung für die Trinkwassergewinnung zu. In Grundwasserspeichern sind ca. 83% eines Jahresniederschlags gespeichert. Grundwasservorkommen sind regional unterschiedlich. Einerseits durch unterschiedlichen geologischen Untergrund (Lockergesteins-, Kluft- und Karst-Grundwasserleiter), andererseits in der Menge des gespeicherten Grundwassers und der unterschiedlichen Interaktion mit Oberflächengewässern. Es ist daher davon auszugehen, dass die Grundwasservorkommen unterschiedlich auf klimatische Veränderungen reagieren werden. Siehe hierzu auch das Kapitel 2.3 ‚Hitzesommer 2003‘.

## 2 Einfluss der klimatischen Veränderungen

### 2.1 Wasserbilanz

#### Niederschlag

Die Veränderung der Niederschlagsmengen für die Schweiz kann mit geringen Unsicherheiten vorhergesagt werden. OcCC/ ProClim (2007) rechnet mit einer schwachen Zunahme der Niederschläge im Winter und mit einer Abnahme der Niederschläge im Sommer. Im Frühling und Herbst wird von einer geringen Abnahme der Niederschläge ausgegangen. Abb. 3 zeigt die voraussichtlichen prozentualen Änderungen der Niederschläge.

Die Niederschlagsveränderungen auf regionaler Ebene vorauszusagen, ist äusserst schwierig, da kleinräumige Gegebenheiten, wie das Relief oder die lokale Windströmung die Niederschläge stark beeinflussen<sup>38</sup>. Modellbasierte Voraussagen auf regionaler Ebene existieren zwar, die Unsicherheiten sind aber höher als die berechneten Trends<sup>39</sup>.

---

<sup>37</sup> SVGW 2006

<sup>38</sup> OcCC/ Proclim 2007

<sup>39</sup> Gyalistras 2002; Schär, ETH Zürich

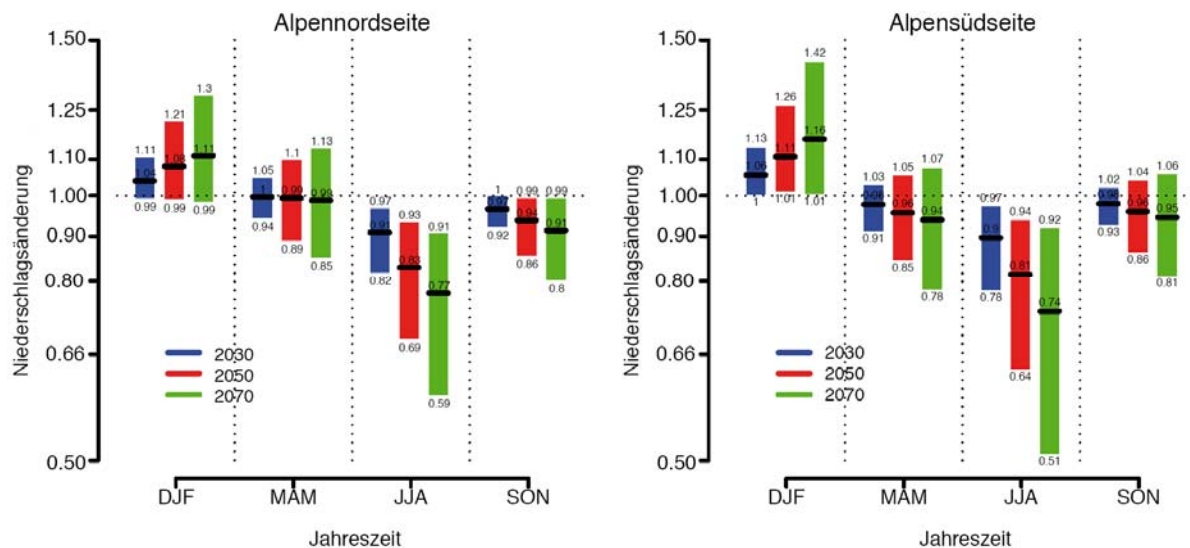


Abb. 3: Relative Änderung des mittleren jahreszeitlichen Niederschlags auf der Alpennord- und der Alpensüdseite gegenüber 1990. Die horizontalen schwarzen Linien bezeichnen den Median<sup>40</sup>.

Ohne regional aufgeschlüsselte Niederschlagsvorhersagen und Informationen zum zukünftigen Auftreten von Intensivregenereignissen können Abflüsse und Grundwasserneubildung nicht abgeschätzt werden. Gerade diese Informationen wären für die langfristige Planung von Wasserversorgungen erforderlich<sup>41</sup>. Die Kopplung von Klimamodellen mit hydrologischen Modellen, wie sie im deutschen Projekt KLIWA angewandt wird, scheint viel versprechend<sup>42</sup>.

### Evapotranspiration und Abfluss

Eine Untersuchung von Gurtz et al. (1997) zeigt, dass der prozentuale Anteil der Evapotranspiration am Gesamtniederschlag in Folge der Klimaerwärmung eher zunimmt. Der Abfluss wird also nicht nur direkt durch insgesamt geringere Niederschläge, sondern auch durch erhöhte Evapotranspiration abnehmen. Eine mögliche Erhöhung der Starkniederschläge könnte den Anteil des schnellen Abflusses erhöhen. Schliesslich ist noch unklar, wie stark sich kurzfristig die erhöhte Gletscherschmelze auf die Abflussmengen auswirken wird<sup>43</sup>.

<sup>40</sup> aus: OcCC/ Proclim 2007

<sup>41</sup> Klaiber 2007

<sup>42</sup> Bartels et al. 2004

<sup>43</sup> Schär, ETH Zürich

## 2.2 Wasserreserven

### Grundwasser

Die Grundwasserneubildung hängt von verschiedenen klimatischen Faktoren, wie der Niederschlagsmenge, der Niederschlagsintensität oder der Strahlung ab. Wie sich zukünftig das Zusammenspiel dieser Faktoren auf regionaler Ebene auf die Grundwasserstände auswirken wird, ist nicht untersucht. Die Senkung vieler Grundwasserspiegel während des Hitzesommers 2003 kann aber Hinweise darauf geben, dass sich einige Grundwasservorkommen bei einer Häufung solcher extremer Sommer nur schwerlich erholen würden<sup>44</sup>. Siehe hierzu auch das Kapitel 2.3 ‚Hitzesommer 2003‘.

### Gletscher

In Abb. 4 ist zu sehen, wie sich die Vergletscherung je nach zukünftiger Temperatur- und Niederschlagsveränderung entwickeln könnte. Am wahrscheinlichsten ist eine Abnahme der durchschnittlichen Gletscherfläche von 1971-1990 um ca. 75% bis 2050.

Über die Auswirkungen der Abnahme der Gletscher auf die Abflüsse und die Grundwasserneubildung ist sehr wenig bekannt<sup>45</sup>.

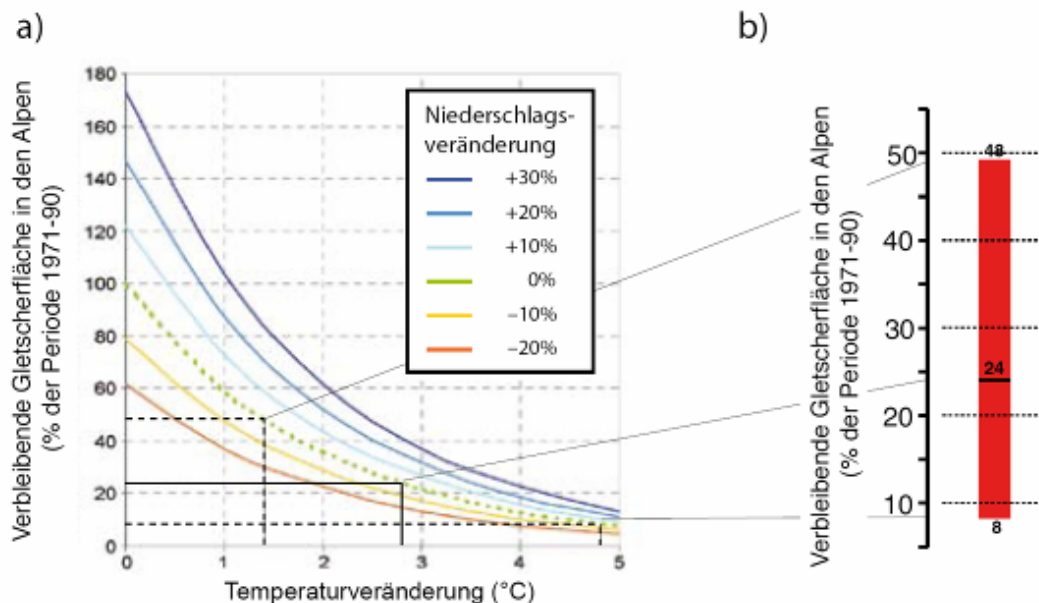


Abb. 4: a) Veränderung der Vergletscherung in Abhängigkeit der möglichen Temperatur- und Niederschlagsentwicklung<sup>46</sup>. b) Verbleibende Gletscherfläche bis 2050

<sup>44</sup> Schär, ETH Zürich

<sup>45</sup> Schär, ETH Zürich

<sup>46</sup> aus OcCC/ Proclim 2007

## Seen

Die Seen stellen den grössten Wasserspeicher in der Schweiz dar. Die Wasserpegel der Seen in der Schweiz werden grösstenteils kontrolliert und gesteuert, vor allem, um Hochwasser vorzubeugen und die Schifffahrt zu ermöglichen. Möglicherweise könnten sich auch bezüglich der Seen aufgrund der Klimaerwärmung Nutzungskonflikte häufen.

### 2.3 Hitzesommer 2003

Da in Zukunft erwartet wird, dass Sommer mit ähnlicher Hitze und Trockenheit wie im 2003 häufiger werden<sup>47</sup> kann anhand der Auswirkungen dieser klimatischen Situation auf zukünftige Probleme geschlossen werden.

Der Sommer 2003 war in Europa sehr wahrscheinlich der wärmste<sup>48</sup> und trockenste seit mehr als 500 Jahren. Die Jahresniederschläge waren um 15-30% geringer als normalerweise<sup>49</sup>.

Bei den Fliessgewässern gab es vor allem in nicht glazial beeinflussten Einzugsgebieten im Laufe des Sommers einen starken Rückgang des Abflusses<sup>50</sup>. Auch die Seen wiesen, obschon die meisten reguliert sind, unterdurchschnittliche Pegelstände auf<sup>51</sup>.

## Grundwasser

Die Hitze und Trockenheit wirkten sich je nach Art des Grundwasserleiters, je nach Region und Höhe des Einzugsgebietes unterschiedlich auf die Grundwasservorkommen aus: In Gewässern mit Gletschereinfluss gingen die Grundwasserspeicher erst im Spätsommer zurück während sich in kleinen Tälern des Mittellandes, des Jura und der Voralpen die Grundwasserstände sogar erhöhten. Bei Quellen mit kleinen Einzugsgebieten, welche aus oberflächennahem Grundwasser gespeist werden, war hingegen ein starker Rückgang zu verzeichnen<sup>52</sup>.

Bei grossen Wasserversorgungen in Städten sowie bei Wasserversorgungsverbänden kam es kaum zu Engpässen. Bei den genannten Wasserversorgungen ist die Vernetzung hoch, so dass sich Grundwasserpumpbrunnen, Seewasserwerke und Quelfassungen ergänzen können. Bei kleineren Wasserversorgungen kam es aufgrund mangelnder Vernetzung eher zu Versorgungsproblemen<sup>53</sup>. Die Landwirtschaft reagierte bei durch Dürreschäden bedrohten Kulturen mit Bewässerung. Das dazu benötigte Wasser wurde vor allem aus kleineren Fliessgewässern entnommen<sup>54</sup>, wodurch sich die Infiltration ins Grundwasser verringerte.

Die durch die extremen klimatischen Bedingungen möglichen Veränderungen der Grundwasserqualität und der Qualität des Seewassers werden im Kapitel ‚Qualität‘ behandelt.

---

<sup>47</sup> OcCC/ ProClim 2007

<sup>48</sup> Luterbacher et al. 2004

<sup>49</sup> OcCC/ ProClim 2005

<sup>50</sup> BUWAL, BWG, MeteoSchweiz 2004

<sup>51</sup> BUWAL, BWG, MeteoSchweiz 2004

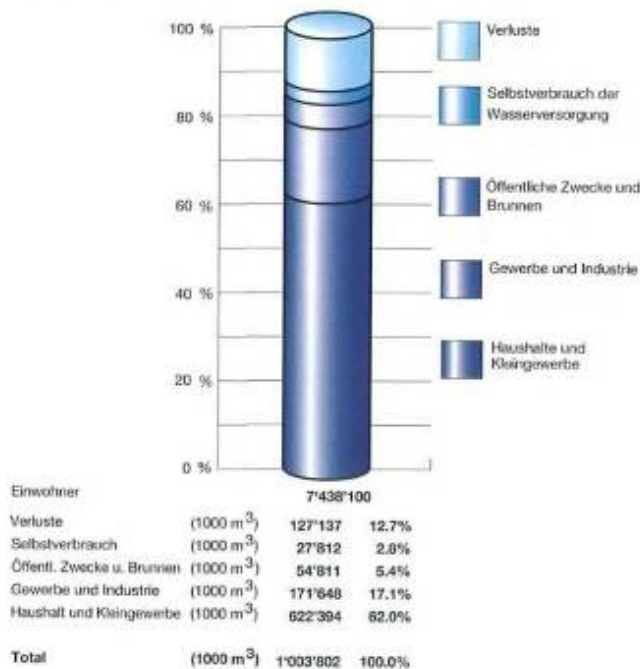
<sup>52</sup> OcCC/ ProClim 2005

<sup>53</sup> OcCC/ ProClim 2005

<sup>54</sup> OcCC/ ProClim 2005

## 3 Produktion und Verbrauch

### 3.1 Wasserabgabe



Die Wasserproduktion betrug im 2005 ca. 370 Liter pro Person und Tag<sup>55</sup>. Dies entspricht einem Jahresverbrauch von 1 km<sup>3</sup> für die ganze Schweiz.

In Abb. 5 ist ersichtlich, wie sich dieser Wasserverbrauch auf verschiedene Bereiche aufteilt.

Abb. 5: Wasserabgabe in der Schweiz 2005 (Hochrechnung)<sup>56</sup>

### 3.2 Mögliche zukünftige Entwicklungen des Wasserverbrauchs

#### Demographie

Die ständige Wohnbevölkerung in der Schweiz wird laut BfS (2006) bis 2036 auf 8.2 Millionen steigen und bis 2050 auf 8.1 Millionen sinken. Die Siedlungsflächen werden, vermutlich auch in Zukunft vor allem entlang der Agglomerationsränder, zunehmen<sup>57</sup> und die Zahl der über 64-Jährigen wird um mehr als 90% steigen<sup>58</sup>.

Schleich & Hillenbrand (2007) zeigen für Deutschland, dass die Erhöhung des Durchschnittsalters den Wasserverbrauch erhöht. Ebenfalls wurde bei höheren Haushaltseinkommen signifikant mehr Wasser

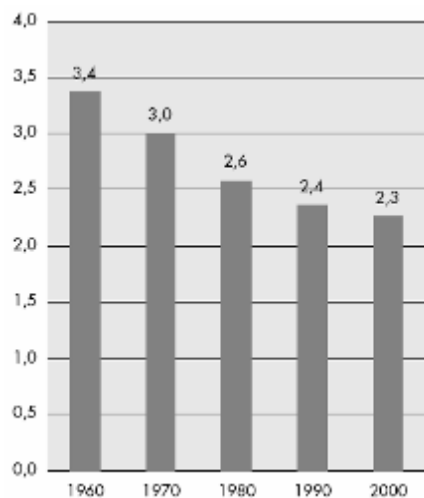
<sup>55</sup> Industrie und Verluste mit eingerechnet, SVGW 2006

<sup>56</sup> aus: SVGW 2006

<sup>57</sup> Schultz & Dosch 2005

<sup>58</sup> BfS 2006

konsumiert und der Wasserverbrauch war signifikant abhängig vom Wasserpreis<sup>59</sup>. Da diese Studie auf dem Vergleich der alten und neuen Bundesländer basiert, können diese Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die Schweiz übertragen werden. Zudem zeigen Studien aus anderen Ländern zum Teil entgegengesetzte Trends<sup>60</sup>. Siehe hierzu auch Kapitel ‚Konsum‘.



Die durchschnittliche Anzahl Bewohner pro Haushalt nimmt in der Schweiz ab (Abb. 6). In Deutschland ist der pro Kopf Wasserverbrauch negativ mit der Haushaltsgrösse korreliert<sup>61</sup>. Ob dies für die Schweiz auch gilt und ob der Trend zu kleineren Haushaltsgrössen in Zukunft anhalten wird, ist schwierig abzuschätzen.

Abb. 6: Durchschnittliche Anzahl Bewohner pro Haushalt<sup>62</sup>

*Auswirkungen auf die Infrastruktur:* Die genannten demographischen Entwicklungen könnten nebst möglichen Auswirkungen auf den Wasserverbrauch auch Auswirkungen auf die Infrastruktur haben. In Deutschland zeigte sich, dass stark verringerte Durchflussmengen, vor allem in Bereichen, wo die Löschwasserversorgung über das Trinkwassernetz erfolgt, Probleme verursachen können, da in diesen Fällen die Leitungsdurchmesser gross und die Fliessgeschwindigkeiten klein sind<sup>63</sup>. Schliesslich sind auch die erhöhten Kosten pro Person in gering verdichteten Siedlungen gegenüber dichteren Siedlungen zu erwähnen<sup>64</sup>.

## Bewässerung

Weber und Schild (2007) schätzen die in der Schweiz regelmässig bewässerte Landwirtschaftsfläche auf ca. 43'000 ha. In Trockenjahren wird die bewässerte Fläche auf 55'000 ha. und der gesamte Wasserbedarf für Bewässerung auf 144 Mio. m<sup>3</sup> geschätzt. Die Bauern können sehr günstig aus Bächen und Seen Bewässerungswasser entnehmen<sup>65</sup>. In gewissen Regionen stammt ein grösserer Anteil des Bewässerungswassers auch aus dem Grundwasser oder aus Speicherteichen.

<sup>59</sup> Schleich & Hillenbrand 2007

<sup>60</sup> z.B. Nauges & Thomas 2000

<sup>61</sup> Schleich & Hillenbrand 2007

<sup>62</sup> aus Schultz & Dosch 2005

<sup>63</sup> Koziol 2004

<sup>64</sup> Schiller & Siedentrop 2005

<sup>65</sup> Fuhrer, Agroscope

Durch die voraussichtliche Abnahme der Sommerniederschläge in Kombination mit einer erhöhten Temperatur wird sich die potenzielle Evapotranspiration<sup>66</sup> und das mittlere Wasserdefizit erhöhen<sup>67</sup>. Ob und wie stark dadurch der Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft steigt, hängt davon ab, welche Kulturen angebaut werden und wie günstig die Landwirte weiterhin Bewässerungswasser beziehen können.

Wie bereits erwähnt, sind die regional aufgelösten Prognosen des zukünftigen Niederschlags noch mit grossen Unsicherheiten behaftet<sup>68</sup>. Wo genau wie viel Bewässerungswasser benötigt werden könnte, ist deshalb noch nicht geklärt<sup>69</sup>.

### Beschneigung

Bei mangelnder Schneesicherheit wird in Wintersportorten die künstliche Beschneigung als effektive Massnahme angesehen<sup>70</sup>. Im Moment werden in der Schweiz 19% der Skipistenflächen beschneit. Dies sind 4200 ha<sup>71</sup>. Im Jahr 2001 waren es noch 7%<sup>72</sup>. Für eine Schneedecke von 30 cm werden 600-1500m<sup>3</sup> Wasser pro ha. benötigt. Folglich werden in der Schweiz momentan jährlich 2.52 bis 6.3 Mio. m<sup>3</sup> Wasser für die Beschneigung benötigt<sup>73</sup> (< 1% der Trinkwassergewinnung). Das Wasser wird meist nicht vom Versorgungsnetz, sondern von Quellüberläufen oder Fließgewässern bezogen, so dass der schnelle Abfluss vermindert wird.

In naher Zukunft wird der Anteil beschneiter Pisten noch zunehmen, da die Seilbahnen momentan Investitionen in die Beschneigung tätigen<sup>74</sup>. Auf längere Sicht ist noch unklar, wie sich die Beschneigung entwickeln wird: Einerseits kann im Moment wirtschaftlich nur unter 4° C beschneit werden<sup>75</sup>, andererseits verbessert sich auch die Technik, so dass Beschneigung in Zukunft auch bei höheren Temperaturen möglich wäre<sup>76</sup>. Der Einfluss auf die nationale Wasserverfügbarkeit und das Gewässerabflussregime ist dabei vernachlässigbar und höchstens von lokaler Bedeutung.

## 4 Interessenskonflikte

Im Folgenden soll es nur um Interessenskonflikte bezüglich der Wassermenge gehen. Interessenskonflikte, welche aufgrund einer Qualitätsänderung des Wassers entstehen, werden im Kapitel ‚Qualität‘ behandelt.

<sup>66</sup> Döll, Goethe-Universität Frankfurt

<sup>67</sup> Fuhrer, Agroscope

<sup>68</sup> Döll et al. 2003

<sup>69</sup> Döll, Goethe-Universität Frankfurt

<sup>70</sup> Zebisch et al. 2005

<sup>71</sup> Lardelli, SLF

<sup>72</sup> Rixen et al. 2002

<sup>73</sup> Lardelli, SLF

<sup>74</sup> Lardelli, SLF

<sup>75</sup> Zebisch et al. 2005

<sup>76</sup> Lardelli, SLF

---

Die für die Wasserversorgung zur Verfügung stehende Wassermenge kann auf Seite der Einträge, und auf Seite der Entnahmen beeinflusst werden. Zu Interessenskonflikten kann es auf beiden Seiten kommen.

#### Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung kann durch verschiedene Eingriffe verringert werden. Sie nimmt ab bei hoher Versiegelung des Bodens in dicht bebauten Gebieten, durch Drainagen, Bodenverdichtungen und bei Bauten unterhalb des Grundwasserspiegels<sup>77</sup> (z. B. Kanalisation, Tunnel etc.). Weiter können zu geringe Restwassermengen zu verminderter Grundwasserneubildung führen. Eingriffe in Fließgewässer können dazu führen, dass das Flussbett unter den Grundwasserspiegel sinkt und der Fluss somit dem Grundwasserkörper Wasser entzieht<sup>78</sup>.

#### Wasserentnahmen

Die Landwirte in der Schweiz entnehmen Bewässerungswasser mehrheitlich aus Bächen und Flüssen<sup>79</sup>, zum Teil auch aus dem Grundwasser oder Speicherteichen. Zwischen Landwirtschaft und Trinkwasserversorgung sind im Moment Interessenskonflikte bezüglich Wassermenge nicht häufig. Falls durch die Klimaänderung in Zukunft in der Schweiz mehr Bewässerungswasser benötigt würde, könnte sich dieses Bild ändern. Kurzfristig könnten durch den erhöhten Bewässerungsbedarf Nutzungskonflikte entstehen. Längerfristig wird es vermutlich eine Steuerung über den Wasserpreis geben<sup>80</sup>. Bei einigen Kulturen (z.B. Weizen) könnte es sich dann rasch nicht mehr lohnen, diese anzubauen<sup>81</sup>.

---

<sup>77</sup> BAFU unveröffentlicht

<sup>78</sup> BAFU unveröffentlicht

<sup>79</sup> Hartmann, BAFU; Meylan, BAFU

<sup>80</sup> Fuhrer, Agroscope

<sup>81</sup> Fuhrer, Agroscope



---

## 5 Entwicklungstendenzen

- Gemäss dem aktuellen Informationsstand ist aus nationaler Sicht kein Wasserengpass abzusehen. Die Klimamodelle prognostizieren zwar ein geringeres Wasserdargebot und eine geringere Speicherung, was aber schweizweit nicht zu einer spürbaren Verknappung führen wird.
- Lokal oder regional kann es aber durchaus zu einer Trinkwasserverknappung kommen. Eine stärkere Vernetzung zwischen Wasserversorgungen kann mögliche Knappheiten abfedern. Zudem könnten Seen in Trockenperioden als Puffer dienen, da in den nutzbaren Grundwasservorkommen weniger als 1 Jahresniederschlag gespeichert wird.
- Die zukünftige Entwicklung des lokalen Wasserdargebots ist noch weitgehend unklar. Sobald regionale Niederschlagsvorhersagen und hydrologische Modelle mit geringeren Unsicherheiten behaftet sind, liegen für die Wasserversorgungen bessere Informationen für deren langfristige Planung vor.
- Bezüglich der zukünftigen Wassernutzung sind für die Wasserversorgungen folgende Entwicklungen interessant:
  - ❖ *Bewässerung und Beschneigung*: Während die Beschneigung höchstens in Bergregionen lokal die Wasserversorgung stärker beeinflusst, könnte sich eine vermehrte Bewässerung stark auf den regionalen Wasserhaushalt und möglicherweise auch auf die Grundwasserneubildung auswirken.
  - ❖ *Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklung*: Für die Wasserversorgungen sind vor allem auf regionaler Ebene die Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklungen relevant.
  - ❖ *Wasserverbrauch der Haushalte*: Es ist wahrscheinlich, dass sich demographische, ökonomische und klimatische Veränderungen ebenfalls auf den Wasserverbrauch der Haushalte auswirken werden.
- Aufgrund des Vernetzungsgrades der Wasserversorgungen kann abgeschätzt werden, wie Wasserversorgungen die Entwicklungen des Wasserdargebots und der Nachfrage auffangen können. Während zur physischen Vernetzung in vielen Kantonen Informationen vorhanden sind, kann meist wenig über die organisatorischen und finanziellen Aspekte der Vernetzung ausgesagt werden.

- 
- Eine Umfrage unter Wasserversorgern in Deutschland hat gezeigt, dass die Auswirkungen des Klimawandels bisher kaum in die Massnahmenplanung einfließen<sup>82</sup>. In wie weit in der Schweiz Massnahmen zur Abfederung der Entwicklungen bezüglich der Wasserverfügbarkeit (z.B. Sichern einer ausgewogenen Grundwasserbilanz durch Wasserversorgungspläne, Schaffen von Verbundsystemen<sup>83</sup>, vermehrte Deckung des Trinkwasserbedarfs über Seewasser) bereits zur Anwendung kommen, ist in einigen Kantonen bekannt. Die gesamtschweizerische Situation ist aber weitgehend unklar.
  - Durch den in der Schweiz sehr starken Landnutzungsdruck werden vermutlich in Zukunft die Beeinträchtigungen der Grundwasserneubildung oder der Grundwasserhältnisse eher zunehmen. Ein Beispiel hierfür ist die Tendenz, Verkehrswege vermehrt unter den Boden zu verlegen<sup>84</sup>.

---

<sup>82</sup> Zebisch et al. 2005

<sup>83</sup> Zebisch et al. 2005

<sup>84</sup> BAFU unveröffentlicht

---

## 6 Referenzen und Quellen

BAFU (unveröffentlicht): Leitbild Grundwasser. Bern.

Bartels, H.; Hofius, K.; Katzenberger, B; Krahe, P.; Weber, H. (2004): Klima und Wasserwirtschaft. *promet*, Jahrg. 30 (4), 169-180.

Bundesamt für Statistik BfS (2006): Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2005-2050. Medienmitteilung 4. Juli 2006. Neuchâtel.

BUWAL, BWG, Meteoschweiz (2004): Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftenreihe Umwelt Nr. 369. Bern.

Döll, P.; Flörke, M.; Märker, M.; Vassolo, S. (2003): Einfluss des Klimawandels auf Wasserressourcen und Bewässerungsbedarf: Eine globale Analyse unter Berücksichtigung neuer Klimaszenarien. Tagungsband des Tags der Hydrologie 2003 in Freiburg, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 04.03, Band 2, 11-14. [www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/f\\_publicationen/2003/doell\\_Tag\\_der\\_Hydrologie2003.pdf](http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/f_publicationen/2003/doell_Tag_der_Hydrologie2003.pdf)

Gurtz, J.; Baltensweiler, A.; Lang, H.; Menzel, L.; Schulla, J. (1997): Auswirkungen von klimatischen Variationen auf Wasserhaushalt und Abfluss im Flussgebiet des Rheins. Schlussbericht NFP 31. vdf, Hochschulverlag an der ETH, Zürich.

Gyalistras, D. (2002): An Uncertainty Analysis of Monthly Temperature and Precipitation Scenarios for Switzerland. [http://www.climate-impacts.ch/\\_DGGrey/Gyal\\_02\\_UncertAnalysisCH.pdf](http://www.climate-impacts.ch/_DGGrey/Gyal_02_UncertAnalysisCH.pdf) (16.5.07).

Klaiber, G. (2007): Szenarien für die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung, in: Entwicklungstendenzen in der Wasserversorgung in Deutschland - 21. Trinkwasserkolloquium am 14. Februar 2007. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Band 188. München.

Koziol, M. (2004): Folgen des demographischen Wandels für die kommunale Infrastruktur. *Deutsche Zeitschrift für Kommunalwissenschaften DfK* 43. 69-83.

Luterbacher, J.; Dietrich, D.; Xoplaki, E.; Grosjean, M.; Wanner, H. (2004): European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500, *Science* 303, 1499-1503.

Nauges, C.; Thomas, A. (2000): Privately Operated Water Utilities, Municipal Price Negotiation, and Estimation of Residential Water Demand: The Case of France. *Land Economics* 76(1). 68-85.

OcCC/ ProClim (2005): Hitzesommer 2003 - Synthesebericht. Bern.

OcCC/ ProClim (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050 - Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern.

Rixen, C.; Stöckli, V.; Wipf, S. (2002): Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten. SLF Davos. <http://www.slf.ch/lebensraum-alpen/pdfs/Zusammenfassung%20Kunstschneeprojekt.PDF> (24.05.2007)

Schädler, B. (1995): Fakten zum Wasserhaushalt der Schweiz. *Raumplanung Informationshefte* 2/1995. 12-15.

---

Schädler, B.; Weingartner, R. (2002A): Komponenten des natürlichen Wasserhaushaltes 1961 - 1990. In: BWG: Hydrologischer Atlas der Schweiz (Tafel 6.3), Bern.

Schädler, B.; Weingartner, R. (2002B): Ein detaillierter hydrologischer Blick auf die Wasserressourcen der Schweiz. Wasser Energie Luft 94 Heft 7/8. 189-197.

Schiller, G.; Siedentrop, S. (2005): Infrastrukturfolgekosten der Siedlungsentwicklung unter Schrumpfbedingungen. DISP 160. 83-93.

Sleich, J.; Hillenbrand, T. (2007): Determinants of Residential Water Demand in Germany. Working Paper Sustainability and Innovation 3. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung. Karlsruhe. <http://www.isi.fraunhofer.de/publ/downloads/isi07a05/residential-water-demand-in-germany.pdf> (20.6.07)

Schultz, B.; Dosch, F. (2005): Trends der Siedlungsflächenentwicklung und ihre Steuerung in der Schweiz und Deutschland. DISP 160. 5-15.

Spreafico, M.; Weingartner, R. (2005): Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern.

SVGW (2006): Wasserstatistik 2005 - Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz.

Weber, M.; Schild, A. (2007): Stand der Bewässerung in der Schweiz - Bericht zur Umfrage 2006. Bundesamt für Landwirtschaft. Bern.

Zebisch, M.; Grothmann, T. Schröter, D.; Hasse, C. Fritsch, U. Cramer, W. (2005): Klimawandel in Deutschland - Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, Umweltbundesamt 08/05, Dessau. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2947.pdf> (24.05.2007).

## **Persönliche Mitteilungen**

Döll Petra, Prof. Dr., Auskunft per Email vom 16. Mai 2007

Professur für Hydrologie, Institut für Physische Geographie, Johann Wolfgang Goethe-Universität, 60054 Frankfurt am Main

Fuhrer Jürg, Prof. Dr., telefonische Auskunft vom 31. Mai 2007

Forschungsanstalt Agroscope, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

Hartmann Daniel, dipl. sc. nat. ETH, Geologe, Gespräch vom 25. Mai 2007

Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Grundwasserschutz, 3003 Bern

Lardelli Corina, Dipl. Geografin, telefonische Auskunft vom 24. Mai 2007

Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Flüelastrasse 11, 7620 Davos

Meylan Benjamin, Dr. phil. nat., Geologe, Gespräch vom 25. Mai 2007

Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Grundwasserschutz, 3003 Bern

Schär Christoph, Prof. Dr., telefonische Auskunft vom 23. Mai 2007

ETH, Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zentrum, 8092 Zürich

---

# Wasserqualität

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche EAWAG: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz, Urs von Gunten, Thomas Egli



Bild: SVGW

---

## Zusammenfassung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Wasserqualität. Auf den präventiven Schutz der Wasserfassungen vor Verunreinigungen wird detaillierter im Themenfeld ‚Gewässerschutz‘ eingegangen.

Die Qualität des Wassers in der Schweiz kann grundsätzlich aus mikrobiologischer und chemischer Sicht als gut beurteilt werden. Dies ist den umfangreichen Gewässerschutzbemühungen und dem hohen Wasserdurchlauf in der Schweiz<sup>85</sup> zuzuschreiben.

Krankheitsausbrüche durch hygienische Probleme des Trinkwassers sind bisher nur in Einzelfällen durch Nichtbeachtung der gesetzlich vorgeschriebenen Schutzmassnahmen vorgefallen. Die höchste Gefährdung liegt bei kleinen Trinkwasserversorgungen im ländlichen Raum<sup>86</sup> und bei Karstquellen vor. Probleme resultieren dort häufig aufgrund einer, oft nicht ausreichenden, einstufigen Aufbereitung des Rohwassers mit UV oder Chlor, ungenügend ausgebildetem Personal oder schlecht gewarteten Anlagen<sup>87</sup>.

Aussagen über die zukünftige Entwicklung der Wasserqualität zu machen, ist schwierig, da bezüglich der Trinkwasserqualität auf nationaler Ebene noch keine zentralen Daten bestehen. Auch das Beobachtungsnetz NAQUA kann noch keine Antworten zu den langfristigen Trends der Grundwasserqualität liefern, da die Messreihen noch nicht genügend lange bestehen.

Siehe auch das Kapitel ‚Entwicklungstendenzen‘.

---

<sup>85</sup> vgl. Themenfeld Quantität

<sup>86</sup> Füchslin et al. 2005

<sup>87</sup> von Gunten, Eawag

---

# 1 Rechtliche Grundlagen

Trinkwasser gilt nach dem Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz, LMG, SR 817.0) als Lebensmittel. Die Verordnung des EDI vom 23. November 2005 über Trink-, Quell- und Mineralwasser (SR 817.022.102) legt in Artikel 3 fest, dass Trinkwasser in mikrobiologischer, chemischer und physikalischer Hinsicht genusstauglich sein muss. Dies ist es, wenn es die in der Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (FIV; SR 817.021.23) für Trinkwasser festgesetzten Toleranz- und Grenzwerte einhält, die in der Hygieneverordnung des EDI vom 23. November 2005 (HyV; SR 817.024.1) festgelegten hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen erfüllt und bezüglich Geschmack, Geruch und Aussehen einwandfrei ist.

Aufgrund des WHO Protokolls über Wasser und Gesundheit<sup>88</sup> ist die Schweiz verpflichtet, innerhalb der nächsten 3 Jahre Überwachungs- und Frühwarnsysteme bezüglich durch Trinkwasser verursachte Krankheiten sowie Notfallpläne und Reaktionskapazitäten diesbezüglich zu schaffen.

## 2 Datengrundlage

### 2.1 Datenlage bei den Wasserversorgungen und Gemeinden

Auf nationaler Ebene gibt es keine gesetzliche Regelung, wie oft Wasserversorger das abgegebene Wasser auf dessen Inhaltsstoffe kontrollieren müssen<sup>89</sup>. In mehreren Kantonen ist dies aber festgelegt. Der SVGW gibt die „Richtlinien für die Qualitätsüberwachung in der Wasserversorgung“ heraus, welche verbindliche Empfehlungen für die Häufigkeit der Probenahmen abgeben. Empfohlen werden mindestens 2 bis mehrere 100 Proben pro Jahr je nach Hydrogeologie des Einzugsgebiets und Grösse der Wasserversorgung<sup>90</sup>.

Die Daten aus den Untersuchungen der Selbstkontrolle sind grösstenteils nicht öffentlich zugänglich<sup>91</sup>.

Die Wasserversorgungen sind verpflichtet, die Bezüger in einer geeigneten Form über die Wasserqualität zu informieren<sup>92</sup>. Dies geschieht häufig im Internet oder mit dem Zusenden der Rechnung. Auf der Website [www.wasserqualitaet.ch](http://www.wasserqualitaet.ch) können Informationen zur Wasserqualität zahlreicher Wasserversorgungen abgerufen werden. Die Daten werden direkt von den einzelnen Wasserversorgungen einge-

---

<sup>88</sup> Protokoll vom 17. Juni 1999 über Wasser und Gesundheit zu dem Übereinkommen von 1992 zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen. In Kraft getreten für die Schweiz am 25. Januar 2007 (SR 0.814.201).

<sup>89</sup> Studer, BAG

<sup>90</sup> SVGW, 2005A: Richtlinien für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung

<sup>91</sup> Müller et al. 2005

<sup>92</sup> Art. 5 der Verordnung über Trink-, Quell- und Mineralwasser vom 23. November 2005

---

tragen. Es sind nicht alle Wasserversorgungen aufgeführt, zudem sind die Angaben zum Teil unvollständig.

## 2.2 Datenlage bei den Kantonen

### Grundwasser und Seewasser

Die Datenlage bezüglich Grundwasserqualität ist in den Kantonen sehr heterogen. Es gibt Kantone mit mehreren hundert Grundwasser-Messstellen und solche mit lediglich 2 Messstellen<sup>93</sup>. Oft steht für die Kantone die Überwachung von Problemstoffen im Vordergrund, nicht deren langzeitige Entwicklung<sup>94</sup>. Auch bezüglich der Seewasserqualität ist die Datenlage in den Kantonen unterschiedlich.

### Trinkwasser

Die Wasserversorger sind nach Artikel 23 LMG zur Selbstkontrolle verpflichtet. Stichprobenkontrollen der Trinkwasserqualität erfolgen durch die Kantonalen Labors. Diese erstellen Jahresberichte, welche sie dem Bund zustellen. Die Berichte weisen unterschiedliche Formate auf<sup>95</sup>.

Für die Daten zur Grundwasserqualität sind beim Kanton oft andere Stellen zuständig als für die Daten zur Trinkwasserqualität<sup>96</sup>. Meist sind die Daten nur zum Teil zugänglich.

## 2.3 Datenlage beim Bund

Der Bund ist auf Grund von Artikel 50 des Gewässerschutzgesetzes vom 24. Januar 1991 (GSchG; SR 814.20) verpflichtet, die Öffentlichkeit über den Zustand der Gewässer zu unterrichten. Er benötigt deshalb Instrumente wie das NAQUA oder das NADUF um eine Übersicht über die Gewässerqualität in der Schweiz zu erhalten.

### Grundwasserbeobachtung - NAQUA

Das Beobachtungsnetz NAQUA wurde erstellt, um auf nationaler Ebene Daten über die Grundwasserqualität in einer einheitlichen Form zu erheben<sup>97</sup>. Die vorhandenen kantonalen Zahlen waren sehr heterogen und somit nicht vergleichbar<sup>98</sup>.

Seit dem Beginn des Beobachtungsprogramms NAQUA 1997 ist die Qualität des Grundwassers nun erheblich besser dokumentiert. Mit NAQUA sollen langfristige Veränderungen der Grundwasserqualität erkannt werden.

---

<sup>93</sup> Hartmann, BAFU

<sup>94</sup> Hartmann, BAFU

<sup>95</sup> Studer, BAG

<sup>96</sup> Zobrist, Eawag

<sup>97</sup> Zobrist, Eawag

<sup>98</sup> Hartmann, BAFU



---

Im Messnetz NAQUA<sub>TREND</sub>, welches seit Anfang 2003 komplett ist<sup>99</sup>, werden an 50 Standorten bis zu 60 Parameter gemessen, darunter Nitrat, Pflanzenschutzmittel, verschiedene Kohlenwasserstoffe aber auch Calcium, Sauerstoff oder gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)<sup>100</sup>.

Das Messnetz NAQUA<sub>SPEZ</sub> soll im Gegensatz dazu flächendeckende Momentaufnahmen bestimmter Schadstoffe erlauben. Mit der Zeit soll daraus die mittel- und langfristige Entwicklung verschiedener Schadstoffe beurteilt werden können.

### Seewasser

Eine Zusammenfassung der Wasserqualität der grösseren Seen in der Schweiz, ist auf der Homepage des BAFU ersichtlich<sup>101</sup>. Eine etwas ältere Übersicht über die Seewasserqualität in der Schweiz gibt Liechti (1994).

Die Nationale Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer NADUF kann Hinweise auf Trends bezüglich der Qualität der Oberflächengewässer geben. In Bezug auf Nährstoffe wurde festgestellt, dass Phosphat und in bestimmten Gewässern auch Nitrat seit Anfang der 90er Jahre im Rückgang begriffen sind<sup>102</sup>. Beim Phosphat ist diese Entwicklung dem Phosphatverbot für Waschmittel und dem Kläranlagenausbau zuzuschreiben während für den Rückgang der Nitratkonzentrationen vor allem neue Produktionstechniken in der Landwirtschaft ausschlaggebend gewesen sein könnten<sup>103</sup>. Ein Rückgang wurde ebenfalls bezüglich der Schwermetalle festgestellt.

### Trinkwasser

Eine zentrale Übersicht über die Qualität des Trinkwassers in der Schweiz gibt es bisher nicht. Eine nationale Datenbank ist aber im Aufbau<sup>104</sup>. Mit dieser Datenbank wird eine gesamtschweizerische Auswertung der Trinkwasserqualität angestrebt. Die Daten hierfür werden von den kantonalen Labors geliefert. Ein erstes Modul der Datenbank steht seit Herbst 2007 bereit, so dass es durch kantonale Daten gespeist werden kann<sup>105</sup>. Erste Auswertungen werden gegen Ende 2008 erwartet.

In der Schweiz gibt es bezüglich einiger, auch durchs Trinkwasser übertragbaren, Erreger eine Meldepflicht. Beispiele hierfür sind *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella* oder *Yersinia*. Oft kann aber der Ursprung des Erregers (Lebensmittel bzw. Trinkwasser) nicht ermittelt werden.

Aufgrund des WHO Protokolls über Wasser und Gesundheit, welches im Januar 2007 für die Schweiz in Kraft getreten ist, wird die Schweiz dazu verpflichtet, ein Überwachungs- und Frühwarnsystem

---

<sup>99</sup> BUWAL/ BWG 2004

<sup>100</sup> BUWAL/ BWG 2004

<sup>101</sup> [www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01267/01269/01271/02506](http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01267/01269/01271/02506)

<sup>102</sup> Jakob et al. 2002

<sup>103</sup> Jakob et al. 2002

<sup>104</sup> Studer, BAG

<sup>105</sup> Studer, BAG

einzurichten, so dass das Auftreten wasserbedingter Krankheiten oder eine starke Gefahr eines Ausbruchs festgestellt und umgehend gemeldet wird<sup>106</sup>.

Es gibt in der Schweiz keine einheitlichen Kriterien, wann Netzschutz nötig ist und in welcher Form<sup>107</sup>. Ebenfalls fehlt eine zentrale Übersicht, wo welche Aufbereitungsanlagen installiert sind.

## 3 Rohwasserqualität

### 3.1 Mikrobiologische Parameter

In Grundwasserleitern gibt es autochthone Mikroben, welche die natürliche Lebensgemeinschaft des Grundwasserleiters bilden und harmlos sind<sup>108</sup>. Viele pathogene Mikroorganismen gelangen im Gegensatz dazu durch menschliche Einflüsse ins Grundwasser<sup>109</sup>. Der Eintrag erfolgt flächig über den Gülleaustrag in der Landwirtschaft oder punktuell bei Regenwasserüberläufen von Kläranlagen. Viele der sogenannten „emerging pathogens“ haben aber ebenfalls ein natürliches Habitat<sup>110</sup>. Dies gilt beispielsweise für *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria* oder *Legionella*. Die Bakterie *Legionella* stellt vor allem in Hausinstallationen ein Problem dar<sup>111</sup>.

Emerging Pathogens sind<sup>112</sup>

- beim Menschen neu auftretende Pathogene,
- Pathogene, welche bereits bekannt sind, aber in ihrem Auftreten zunehmen oder
- Pathogene, welche in neue Regionen vorstossen.

Die Bedeutung der pathogenen Mikroorganismen wurde von Auckenthaler & Huggenberger (2003) beleuchtet:

#### Bakterien

Als bekannte pathogene Bakterien sind zu nennen: Verotoxin bildende *E. Coli*, *Campylobacter*, *Salmonellen*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Neu erkannte pathogene Bakterien sind MAC (*Mycobacterium avium* Complex), *Legionella pneumophila*, *Helicobacter pylori*.

<sup>106</sup> Art. 8.1 Bst. a des Protokolls vom 17. Juni 1999 über Wasser und Gesundheit zu dem Übereinkommen von 1992 zum Schutz und zur Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen (SR 0.814.201). In Kraft getreten für die Schweiz am 25. Januar 2007.

<sup>107</sup> von Gunten, Eawag

<sup>108</sup> Hunkeler et al. 2006

<sup>109</sup> Hunkeler et al. 2006

<sup>110</sup> Egli, Eawag

<sup>111</sup> von Gunten, Eawag

<sup>112</sup> WHO 1997

## Viren

Bezüglich Viren sind bedeutend weniger Informationen vorhanden. Es wurden erst einzelne Grund- und Trinkwässer auf Viren untersucht, auch weil die Analytik noch aufwendig ist.

Bekannte Pathogene sind: Noroviren, Rotaviren, Astroviren, Hepatitis Viren.

## Protozoen

Bekannte pathogene Protozoen sind *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica* und *Giardia lamblia*.

„Neue“ pathogene Protozoen: *C. cayetanensis*, *Microsporidia*, *Toxoplasma gondii*.

Die Protozoen finden sich oft in der Form von Sporen, Zysten oder Oozysten, welche sich gegenüber gewissen Desinfektionsmitteln resistent verhalten. Es konnten in der Schweiz auch im Grund- und Trinkwasser Oozysten von *Cryptosporidien* nachgewiesen werden<sup>113</sup>, deshalb wird vermutet, dass *Cryptosporidien* weiter verbreitet sind, als bisher angenommen<sup>114</sup>.

Die Art des Grundwasserleiters kann Hinweise darauf geben, wie wahrscheinlich starke Schwankungen der Rohwasserqualität bezüglich Mikroorganismen oder Trübung sind<sup>115</sup>: Durch die z.T. raschen Infiltrationswege ins Karstgrundwasser besteht bei Karstquellen bei Regen oder Hochwasser eine erhöhte Gefahr, dass mikrobielle Verunreinigungen auftreten. Aber auch bei Lockergesteins-Grundwasserleitern können über die Infiltration von kurzfristig verschmutzten Oberflächengewässern Mikroorganismen eingetragen werden<sup>116</sup>. Entscheidend für die Reinigung des Niederschlagswassers ist jedoch der belebte Oberboden.

Da Erkrankungen nicht systematisch erfasst werden (fehlendes Meldesystem) und die genaue mikrobiologische Belastung (Zusammensetzung der Mikroorganismen, Konzentrationsmaxima, zeitliches Auftreten) nicht bekannt ist, scheint die Bedeutung der Funde von „emerging pathogens“ noch nicht verstanden. Es ist durchaus möglich, dass Antibiotikaresistenzen bei im Trinkwasser vorkommenden Mikroorganismen häufiger werden<sup>117</sup>.

## 3.2 Chemische Parameter

Chemische Verunreinigungen können über diffuse Quellen (Luft, Niederschlag, Oberflächenabfluss) oder Punktquellen (Kanalisationseinleitungen, Industriekläranlagen, Deponien) in die Gewässer gelangen.

Stickstoff gelangt vor allem durch die Landwirtschaft in die Gewässer. Im Jahr 2006 wurden in der Schweiz etwas mehr als 51'000 t Stickstoff-Dünger verbraucht<sup>118</sup>. Aus dem Verkehr stammende Stickoxide werden mit dem Regen wieder ausgewaschen und gelangen so ins Grundwasser. Pestizi-

<sup>113</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>114</sup> Föchlin et al. 2005

<sup>115</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>116</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>117</sup> Schwartz, Forschungszentrum Karlsruhe

<sup>118</sup> Bundesamt für Landwirtschaft 2007

---

de gelangen diffus durch die Landwirtschaft und durch Meteorwasser in die Gewässer. Organische Stoffe wie MTBE können sowohl diffus mit dem Regen als auch punktuell, beispielsweise durch undichte Tankanlagen ins Grundwasser gelangen, während Hormone und Arzneimittel vor allem kommunalen Abwässern entstammen.

### Nitrat

Eine erste Auswertung der NAQUA<sub>TREND</sub> Daten zeigte, dass gut 80% der Messstellen die Anforderung der Gewässerschutzverordnung von unter 25 mg/l Nitrat erfüllten<sup>119</sup>. Mehr als 15% erfüllten die Anforderung nicht, lagen aber noch unter dem Toleranzwert für Trinkwasser von 40 mg/l. Vier Prozent der Messstellen überschritten auch diesen Wert<sup>120</sup>. Erhöhte Nitratwerte wurden vor allem in ackerbaulich geprägten Gegenden sowie in dicht besiedelten Regionen gefunden (Abb. 1).

Verschiedene Trinkwasserfassungen wurden aufgrund zu hoher Nitratwerte aufgegeben<sup>121</sup>. Dadurch, dass sie nun dem NAQUA als Messstellen nicht mehr zur Verfügung stehen, könnte sich bezüglich der Nitratwerte ein verfälschtes Bild ergeben<sup>122</sup>.

Da im Boden noch grosse Stickstoffmengen gespeichert sind und die Datenreihe des NAQUA erst kurz zur Verfügung steht (siehe Abschnitt: Datengrundlage beim Bund, S. 4), ist eine fundierte Aussage über die Entwicklung der Nitratwerte schwierig<sup>123</sup>.

---

<sup>119</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>120</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>121</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>122</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>123</sup> BUWAL/BWG 2004

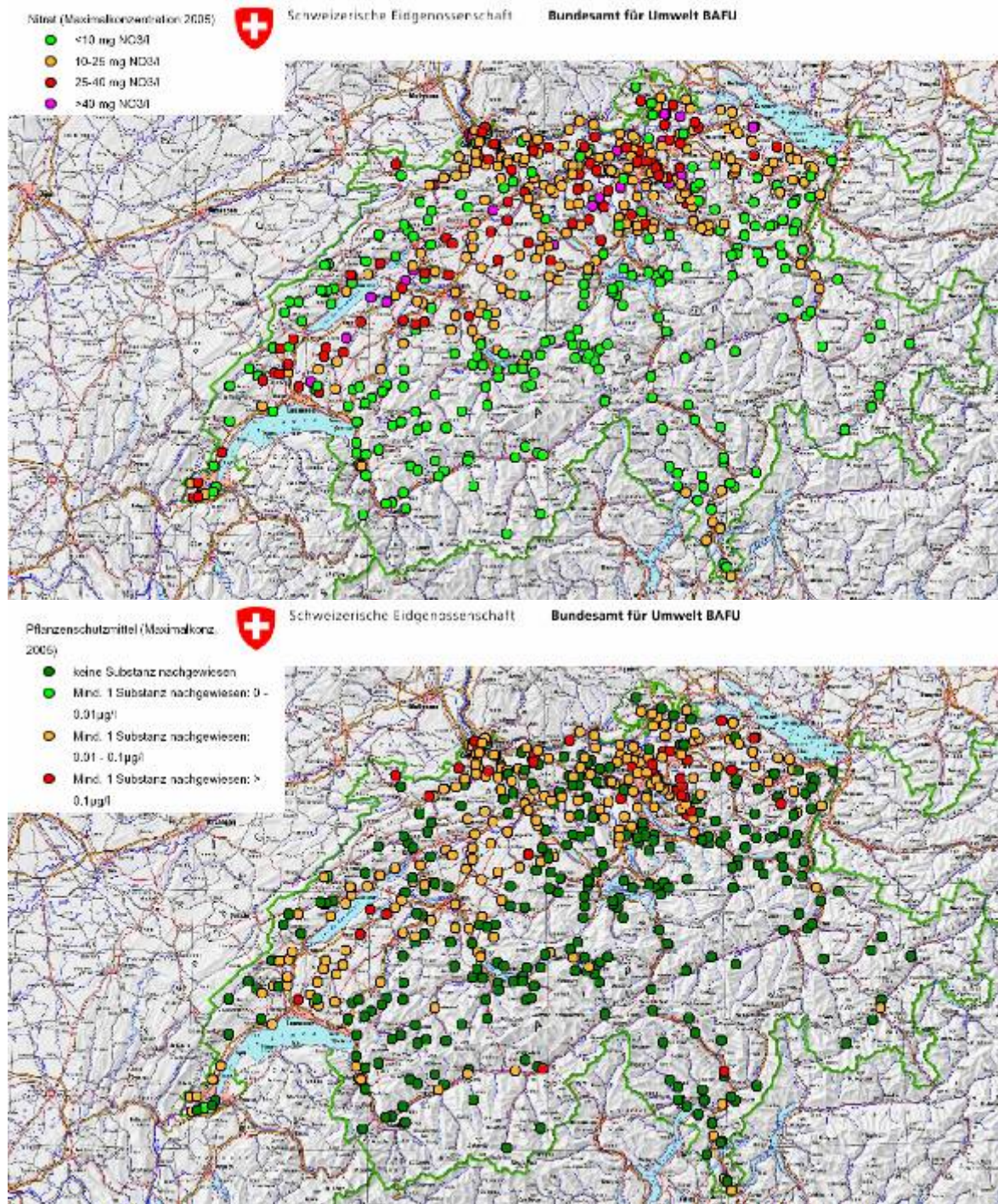


Abb. 1: Karte der in Schweizer Grundwässern gemessenen Konzentrationen von Nitrat (oben) und Pflanzenschutzmitteln (unten), Quellen: BAFU, BLW, WSL, swisstopo<sup>124</sup>

<sup>124</sup> <http://umweltzustand.admin.ch/>

## Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel können bei Regenereignissen in ein Gewässer ausgewaschen werden. Dies kann bis zu 3 % der ausgetragenen Menge betragen<sup>125</sup>. Von Interesse sind Pestizide und deren Umwandlungsprodukte, welche persistent und mobil sind, in grossen Mengen eingesetzt werden und deshalb mit höherer Wahrscheinlichkeit ins Grundwasser gelangen<sup>126</sup>.

Nachdem 1990 noch knapp 2300 t Pflanzenschutzmittel verkauft wurden, waren es im 2006 nur noch knapp 1400 t<sup>127</sup>. Der Rückgang der ausgebrachten Menge in kg bedeutet jedoch nicht, dass auch die Umweltbelastung geringer wurde<sup>128</sup>. So sind viele neue Wirkstoffe sehr effizient und schon in kleinen Mengen äusserst wirksam. Insgesamt sind über 350 Wirkstoffe zugelassen<sup>129</sup>, mehr als in den Nachbarländern der Schweiz<sup>130</sup>.

An ungefähr 60% der NAQUA<sub>TREND</sub> Messstellen konnten Pflanzenschutzmittel nachgewiesen werden, an 12% der Standorte wurde der Anforderungswert der Gewässerschutzverordnung von 0.1 µg/l überschritten<sup>131</sup>. In Abb. 1 unten ist die regionale Verteilung der Pflanzenschutzmittelkonzentrationen zu sehen. Erhöhte Werte waren vielerorts an erhöhte Nitratwerte gekoppelt.

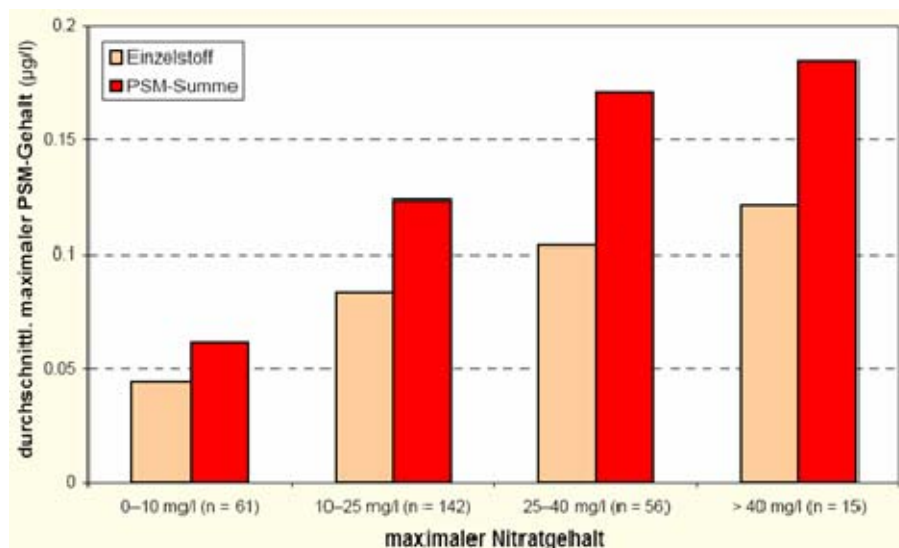


Abb. 2: Durchschnittliche maximale PSM-Gehalte in Abhängigkeit des maximalen Nitratgehaltes<sup>132</sup>

<sup>125</sup> Müller et al. 2005

<sup>126</sup> Hanke et al. 2007

<sup>127</sup> Bundesamt für Landwirtschaft 2007

<sup>128</sup> Müller et al. 2005

<sup>129</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>130</sup> Müller et al. 2005

<sup>131</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>132</sup> aus: BUWAL/BWG 2004

---

In einer NAQUA<sub>SPEZ</sub> Untersuchung konnte Atrazin an 55 von 61 Messstellen nachgewiesen werden<sup>133</sup>. Neue Herbizide konnten nur vereinzelt nachgewiesen werden.

Dies hat einerseits damit zu tun, dass neue Stoffe eine grössere Wirksamkeit haben und demnach in kleineren Mengen eingesetzt werden, andererseits bestehen häufig auch keine analytischen Methoden, diese nachzuweisen<sup>134</sup>.

Während die in landwirtschaftlichen Flächen ausgebrachten Mengen grob abgeschätzt werden können, ist wenig über die Mengen von Bioziden aus Baumaterialien bekannt, welche mit abfliessendem Meteorwasser in die Gewässer gelangen. Zudem sind auch die Pestizidmengen unbekannt, welche in Grünanlagen, privaten Gärten, Plätzen, etc. verwendet werden<sup>135</sup>.

Da historische Daten zu Pflanzenschutzmitteln an den NAQUA-Messstellen grösstenteils fehlen, kann noch keine Aussage über die längerfristige Entwicklung dieser Stoffe gemacht werden<sup>136</sup>. Es existieren noch keine Messungen zu besonders mobilen Pestizid-Abbau-Produkten<sup>137</sup>. In Deutschland, wo die Belastung des Grundwassers mit Pflanzenschutzmitteln seit ca. 1989 erfasst wird, zeigte ein entsprechender Bericht, dass die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln während der letzten 5-10 Jahren nicht merklich abgenommen hat<sup>138</sup>.

---

<sup>133</sup> Hanke et al. 2007

<sup>134</sup> von Gunten, Eawag

<sup>135</sup> Müller et al. 2005

<sup>136</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>137</sup> Hanke et al. 2007

<sup>138</sup> Kirschbaum 2006

## Kohlenwasserstoffe

Rund 11.8 Mio. t Erdölprodukte wurden 2005 in der Schweiz verbraucht<sup>139</sup>. Kohlenwasserstoffe können als Rückstände dieser Produkte über den Boden oder die Oberflächengewässer ins Grundwasser gelangen<sup>140</sup>. In 45% der NAQUA<sub>TREND</sub> Messstellen konnten Spuren von Kohlenwasserstoffen nachgewiesen werden. In 7.5% der Messstellen wurde der Anforderungswert der Gewässerschutzverordnung von 1 µg/l überschritten. Im Gegensatz zum Nitrat sind die Belastungen mit Kohlenwasserstoffen stärker an die Siedlungsdichte als an landwirtschaftliche Tätigkeiten gekoppelt<sup>141</sup>.

Die auf nationaler Ebene sehr kurzen Datenreihen bezüglich Grundwasserqualität und die sehr lückenhafte Datenlage bezüglich der Schadstoffe aus Industrie und Verkehr erlauben keine Aussage über die langfristige Entwicklung der Kohlenwasserstoffe im Grundwasser<sup>142</sup>. In Deutschland konzentriert sich die Grundwasserüberwachung vor allem auf die Pflanzenschutzmittel und das Nitrat<sup>143</sup>, so dass auch dort zu Kohlenwasserstoffen im Grundwasser wenig bekannt ist.

Es gibt keine Untersuchungen, wie sich die unterschiedlichen Stoffe zusammen auf die Gesundheit und Umwelt auswirken<sup>144</sup>.

## MTBE

Methyl-*tert*-butylether (MTBE) ist als Kraftstoffadditiv einer der meist verwendeten organischen Stoffe in der Schweiz<sup>145</sup>. Er ist biologisch schlecht abbaubar und wird deshalb häufiger als andere Spurenstoffe im Grundwasser gemessen<sup>146</sup>.

## Arzneimittel und hormonaktive Stoffe

Arzneimittel werden in der Abwasserreinigung sehr unterschiedlich eliminiert und gelangen teilweise in messbaren Konzentrationen in die Gewässer. Arzneimittel von Nutztieren werden mit der Gülle ausgebracht und können durch Abschwemmung und Drainagen in Flüsse und Seen verfrachtet werden<sup>147</sup>.

---

<sup>139</sup> Bundesamt für Energie 2006

<sup>140</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>141</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>142</sup> BUWAL/BWG 2004

<sup>143</sup> Kirschbaum 2006

<sup>144</sup> Egli, Eawag

<sup>145</sup> Höhener 2005

<sup>146</sup> Höhener 2005

<sup>147</sup> Hanke et al. 2007



In einer NAQUA<sub>SPEZ</sub> Untersuchung wurden in 11% der Messstellen drei oder mehr Wirkstoffe nachgewiesen. In zwei Prozent der Messstellen wurde der Wert von 0.1 µg/l überschritten. Mehr als die Hälfte der gefundenen Arzneimittel waren Antibiotika<sup>148</sup>.

Die Arzneimittel wurden im Durchschnitt in geringeren Konzentrationen gefunden als die Pestizide und deren Umwandlungsprodukte<sup>149</sup>. Die Konzentrationen der Arzneimittel im Grundwasser liegen meist viele Grössenordnungen unterhalb von therapeutischen Dosen<sup>150</sup>. Eine Gefährdung für den Menschen ist deshalb unwahrscheinlich. Die Wirkung von Mischungen ist jedoch noch ungeklärt<sup>151</sup>.

Bei Arzneimitteln wie auch Pestiziden sind noch Unklarheiten vorhanden. So ist beispielsweise zu einem grossen Teil noch unklar, welche Stoffe welche Umwandlungsprodukte bilden<sup>152</sup>. Von einigen Pestizidabbauprodukten ist aber bekannt, dass diese toxischer und langlebiger sind als die jeweiligen Ausgangsprodukte<sup>153</sup>. Für verschiedene Metabolite stehen keine Referenzstandards für die Analytik zur Verfügung<sup>154</sup>. Weiter ist unklar, ob sich häufig gefundene Arzneimittelsubstanzen als Indikatoren für die Infiltration von abwasserbelastetem Oberflächenwasser eignen<sup>155</sup>.

## Arsen

In der Schweiz gibt es nur an wenigen Orten arsenhaltiges Wasser, vor allem im Unterwallis, Engadin, Sottoceneri, Puschlav und in eisenhaltigen Kalkregionen des Jura und Alpenrandes. Konzentrationen über dem Grenzwert von 50 µg/l wurden bei Trinkwasseruntersuchungen im Tessin und in Graubünden in Einzelfällen gemessen<sup>156</sup>. In diesen Fällen wurden die Trinkwasserfassungen geschlossen oder das Trinkwasser verdünnt<sup>157</sup>. Während der Grenzwert in der EU und den USA bei 10 µg/l liegt und die WHO ebenfalls diesen Wert empfiehlt<sup>158</sup>, liegt dieser in der Schweiz bei 50 µg/l. Kurzfristig ist nicht von einer Reduktion des Grenzwertes in der Schweiz auszugehen<sup>159</sup>, mittelfristig ist eine Reduktion des Grenzwertes jedoch anzustreben<sup>160</sup>. Eine Änderung des Grenzwertes würde verschiedenen Gemeinden im Wallis, im Tessin und im Graubünden, bei welchen die Arsenkonzentration zwischen 10 und 50 µg/l liegt, Probleme bereiten. Im Wallis wären davon 14'000 Personen betroffen<sup>161</sup>, im Tessin 5000<sup>162</sup>. Für den Kanton Graubünden ist die Zahl der betroffenen Personen nicht bekannt<sup>163</sup>.

<sup>148</sup> Hanke et al. 2007

<sup>149</sup> Hanke et al. 2007

<sup>150</sup> Sacher & Brauch 2005

<sup>151</sup> von Gunten, Eawag

<sup>152</sup> Hanke et al. 2007

<sup>153</sup> Müller et al. 2005

<sup>154</sup> Hanke et al. 2007

<sup>155</sup> Hanke et al. 2007

<sup>156</sup> Pfeifer et al. 2000

<sup>157</sup> Pfeifer & Zobrist 2002

<sup>158</sup> Berg et al. 2001

<sup>159</sup> Studer, BAG

<sup>160</sup> von Gunten, Eawag

<sup>161</sup> Schultz 2003

<sup>162</sup> Pfeifer & Zobrist 2002

<sup>163</sup> Pfeifer & Zobrist 2002

### 3.3 Seewasserqualität

Aus gewässerökologischer Sicht wird die Seewasserqualität vor allem anhand der Nährstoffsituation, insbesondere dem Phosphorgehalt, sowie dem Sauerstoffgehalt beurteilt. Der Zustand der Schweizer Seen kann heute grösstenteils als gut beurteilt werden<sup>164</sup>. Handlungsbedarf besteht weiterhin bezüglich diffuser Nährstoffeinträge bei Seen in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten<sup>165</sup>.

Für die Seewasserwerke ist ebenfalls der Eutrophierungsgrad des Sees ausschlaggebend, da ein hoher Nährstoffgehalt zu mehr gelöstem organischem Material (DOC) und mehr Partikeln führt, was der Aufbereitung Probleme bereiten kann<sup>166</sup>. Auch Geschmacks- und Geruchsprobleme sind bei höherer Eutrophierung häufiger<sup>167</sup>. Da viele Seewasserwerke in jener Zeit gebaut wurden, als die Eutrophierung der Seen ihren Höhepunkt erreichte, sind sie gut auf die Nährstoffsituation des heutigen Rohwassers angepasst oder sogar überdimensioniert<sup>168</sup>. Bei Seewasserwerken erfordert jedoch auch der Schutz vor Unfällen eine mehrstufige Aufbereitung.

#### Spurenstoffe

Pflanzenschutzmittel treten in vielen Oberflächengewässern auf. In Seen, welche der Trinkwasserversorgung dienen, unterschreiten die Konzentrationen aber in fast allen Fällen den Trinkwassertoleranzwert bzw. Anforderungswert der Gewässerschutzverordnung von 0.1 µg/l<sup>169</sup>.

MTBE kommt ebenfalls im Seewasser vor<sup>170</sup>. Hier vor allem durch den direkten Eintrag von Bootsmotoren<sup>171</sup>. Für die Seewasserversorgung stellt das MTBE keine Gefährdung dar, da die Höchstkonzentrationen im Sommer im Epilimnion gemessen werden und bis zur Durchmischung des Sees Ende Herbst das MTBE fast vollständig in die Atmosphäre entweicht<sup>172</sup>.

Die Wasserversorgung Zürich hat 2004 eine Untersuchung zu Arzneimitteln im Zürichsee durchgeführt<sup>173</sup>. Es konnten verschiedene Röntgenkontrastmittel, Antibiotika und andere Pharmazeutika nachgewiesen werden, welche jedoch in für den Konsumenten unbedenklichen Konzentrationen vorlagen<sup>174</sup>. Die Röntgenkontrastmittel können mit der heutigen Seewasseraufbereitung nur ungenügend entfernt werden<sup>175</sup>.

Benzotriazol und Tolyltriazol sind Komplexbildner, welche unter anderem als Korrosionsschutzmittel und Frostschutzmittel in Anwendung kommen. Sie sind ebenfalls kritische Stoffe, da sie sehr gut

<sup>164</sup> Spreafico & Weingartner 2005

<sup>165</sup> Spreafico & Weingartner 2005

<sup>166</sup> von Gunten, Eawag

<sup>167</sup> von Gunten, Eawag

<sup>168</sup> von Gunten, Eawag

<sup>169</sup> Müller 2005

<sup>170</sup> Höhener 2005

<sup>171</sup> Schmidt et al. 2004

<sup>172</sup> Schmidt et al. 2004

<sup>173</sup> Bosshard 2005

<sup>174</sup> Bosshard 2005

<sup>175</sup> Giger et al. 2005

wasserlöslich, aber schwer abbaubar sind. Beide Stoffe wurden in verschiedenen Oberflächengewässern der Schweiz gefunden<sup>176</sup>. Beide Stoffe können mit einer Ozonung weitgehend entfernt werden<sup>177</sup>. Nebst den anthropogenen Spurenstoffen können auch natürliche Spurenstoffe im Trinkwasser unerwünscht sein, so Geruchs- und Geschmacksstoffe oder Cyanotoxine.

### 3.4 Veränderung der Wasserqualität durch den Klimawandel

#### Grundwasser

Inwiefern eine mögliche Häufung von Hitzeperioden, wie jene des Sommers 2003, die Grundwasserqualität beeinflussen wird, kann nicht schlüssig beantwortet werden. Eine veränderte Grundwasserqualität ist aber aus folgenden Gründen denkbar<sup>178</sup>:

- weniger Grundwassererneuerung durch versickerndes Meteor- und infiltrierendes Oberflächenwasser (regional kann die Grundwasserneubildung aufgrund vermehrter Gletscherschmelze auch erhöht sein)
- weniger Auswaschung von gelösten Stoffen und Partikeln bei Trockenheit, möglicherweise aber verstärkte Auswaschung in einem auf die Trockenperiode folgenden Regenereignis.
- vermehrte künstliche Bewässerung
- verminderte Verdünnung von Abwassereinleitungen in Fliessgewässern
- bei länger anhaltender Trockenheit und Hitze könnten sich mikrobielle Probleme möglicherweise verstärken<sup>179</sup>.

Es ist davon auszugehen, dass vor allem oberflächennahe Grundwässer von solchen Veränderungen betroffen wären<sup>180</sup>. Bei erhöhten Wassertemperaturen, wird vermutlich vor allem in Oberflächengewässern, das Überleben und möglicherweise auch das Wachstum pathogener Bakterien gefördert<sup>181</sup>. Dies konnte beispielsweise für *Vibrio cholerae* gezeigt werden<sup>182</sup>, insgesamt gibt es diesbezüglich bisher jedoch nur wenige Daten<sup>183</sup>.

#### Seewasser

In Seen könnten biogene Stoffe einen Einfluss auf die Rohwasserqualität haben<sup>184</sup>. In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sich die Klimaänderung durch eine veränderte Schichtung des Sees auch auf die Zusammensetzung des Phytoplanktons auswirken kann<sup>185</sup>. Ob und wie stark sich dies auf das Auftreten biogener Stoffe auswirken wird, ist jedoch noch unklar<sup>186</sup>.

<sup>176</sup> Giger et al. 2006

<sup>177</sup> von Gunten, Eawag

<sup>178</sup> BUWAL/BWG/Meteoschweiz 2004

<sup>179</sup> Egli, Eawag

<sup>180</sup> BUWAL/BWG/Meteoschweiz 2004

<sup>181</sup> Egli, Eawag

<sup>182</sup> Vital et al. 2007

<sup>183</sup> Egli, Eawag

<sup>184</sup> Kipfer, Eawag

<sup>185</sup> Livingstone 2003, Straile et al. 2003, Weyhenmeyer et al. 2002

<sup>186</sup> Kipfer, Eawag

Als Beispiel für biogene Stoffe seien hier Cyanotoxine genannt. Aufgrund der Klimaerwärmung ist es denkbar, dass Cyanobakterien in Seen häufiger werden<sup>187</sup>. Eine mögliche Zunahme der in der Biomasse enthaltenen Toxine stellt für die Aufbereitung nicht zwingend ein Problem dar: Die Cyanotoxine können, wenn sie noch im Bakterium gebunden sind, als Partikel entfernt werden. In gelöster Form können sie durch Ozonung abgebaut werden<sup>188</sup>. Es ist zu vermeiden, dass die Cyanotoxine während der Aufbereitung freigesetzt werden. Dies geschieht, wenn die Zellen beispielsweise durch Ozon beschädigt werden. Die Partikelentfernung sollte deshalb in der Aufbereitung vor die Ozonung geschaltet werden.

## 4 Trinkwasserqualität

### 4.1 Aufbereitung

#### Grundwasser

47% des in der Schweiz genutzten Grundwassers kann ohne Aufbereitung ins Netz gespeist werden. 40% des Grundwassers wird einfach aufbereitet und die restlichen 13% werden zwei- oder mehrstufig aufbereitet<sup>189</sup>. Bei gewissen Fassungen ist einfache Aufbereitungsverfahren bezüglich Mikrobiologie nicht ausreichend<sup>190</sup>. So sind Viren gegenüber UV resistenter als *E. coli*, andererseits sind Cryptosporidien gegenüber der Chlorung resistenter als *E. coli*<sup>191</sup>. Besonders in kleineren Trinkwasserversorgungen im ländlichen Raum besteht die Gefahr einer mikrobiellen Verunreinigung des Trinkwassers<sup>192</sup>. In einer Untersuchung von Fuchsli et al. (2005) wurden denn auch in verschiedenen ländlichen Trinkwasserfassungen Cryptosporidien, Noro- und Enteroviren nachgewiesen. Dass trotzdem noch keine Cryptosporidiosefälle oder durchs Wasser übertragene Viruserkrankungen festgestellt wurden, könnte daran liegen, dass

- oft kein Arzt konsultiert wird
- die einheimische Bevölkerung gegenüber diesen Mikroorganismen resistent ist
- die Organismen weniger infektiös sind, als bisher angenommen
- die nachgewiesenen Mikroorganismen nicht mehr vital und deshalb nicht mehr infektiös sind<sup>193</sup>.

Vitalitätsstudien, welche letzteres untersuchen könnten, waren bisher mit einem sehr hohen Aufwand verbunden<sup>194</sup>. Neue Methoden zur Identifizierung der Vitalität, beispielsweise basierend auf Färbung und Durchflussszytometrie<sup>195</sup>, könnten hier Fortschritte bringen.

<sup>187</sup> Stotzer 2006

<sup>188</sup> von Gunten, Eawag

<sup>189</sup> [www.bafu.admin.ch/wassernutzung](http://www.bafu.admin.ch/wassernutzung)

<sup>190</sup> Fuchsli et al. 2005

<sup>191</sup> Fuchsli et al. 2005

<sup>192</sup> Fuchsli et al. 2005

<sup>193</sup> Fuchsli et al. 2005

---

Wasserversorgungsanlagen sollten über detaillierte Informationen bezüglich der hydrogeologischen Situation verfügen und die notwendigen Aufbereitungsprozesse der lokalen Situation anpassen<sup>196</sup>. In wie weit die Wasserversorgungen dies in der Praxis umsetzen, ist aber schwierig abzuschätzen.

#### Seewasser

Die mehrstufigen Aufbereitungsanlagen der Seewasserwerke in der Schweiz sind im Stande aus dem Rohwasser die meisten Stoffe und Keime auf das verlangte Niveau zu reduzieren. Obschon gewisse Stoffe (beispielsweise Röntgenkontrastmittel) mit den heutigen Aufbereitungsverfahren nur in geringem Masse entfernt werden können<sup>197</sup>, stellt dies im Allgemeinen nur ein geringes Problem dar, da diese nur eine minimale biologische Wirkung haben<sup>198</sup>.

#### Desinfektionsnebenprodukte

Die Dosierung von Ozon und Chlor sollte dem Rohwasser angepasst werden. Zu hohe Dosen können zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten führen während bei zu geringen Dosen Pathogene nicht in ausreichendem Masse abgetötet werden können.

Bei der Desinfektion mit Chlor können sich bei hohen DOC Werten chlorierte Kohlenwasserstoffe, beispielsweise Trihalogenmethane (THM) bilden<sup>199</sup>. Im Gegensatz dazu entstehen bei der Desinfektion mit Chlordioxid keine THM, jedoch Chlorit<sup>200</sup>. Da in der Schweiz nur geringe Konzentrationen von Desinfektionsmitteln zudosiert werden, stellen sowohl THM als auch Chlorit nur ein geringes Problem dar<sup>201</sup>. Bei der Ozonung kann das potenziell kanzerogene Bromat entstehen<sup>202</sup>. In einer Untersuchung in der Schweiz konnte aber gezeigt werden, dass der Toleranzwert von 10 µg/l normalerweise weit unterschritten wird<sup>203</sup>.

## 4.2 Schwermetalle

In einem in 11 Kantonen und Liechtenstein durchgeführten Messprogramm wurden in hauptsächlich neuen Gebäuden nach der Stagnation des Wassers erhöhte Blei- und Nickelkonzentrationen gefunden<sup>204</sup>. Es konnte festgestellt werden, dass die Konzentrationen aufgrund der Hausinstallationen und Armaturen erhöht waren.

---

<sup>194</sup> Greber et al. 2005

<sup>195</sup> Berney et al. 2007

<sup>196</sup> SVGW 2005B: W2: Richtlinie für die Qualitätssicherung in Grundwasserschutzzonen

<sup>197</sup> Bosshard 2005

<sup>198</sup> von Gunten, Eawag

<sup>199</sup> Winkler et al. 2005

<sup>200</sup> Winkler et al. 2005

<sup>201</sup> von Gunten, Eawag

<sup>202</sup> von Gunten 2003

<sup>203</sup> von Gunten & Salhi 2000

<sup>204</sup> Walker 2006

### 4.3 Unfälle

Ein Beispiel für einen Krankheitsausbruch aufgrund von verunreinigtem Trinkwasser ist der Vorfall in La Neuveville 1998, wo Viren und pathogene Bakterien im Trinkwasser nachgewiesen werden konnten<sup>205</sup>. In der Schweiz gab es in den letzten Jahren verschiedene Krankheitsausbrüche, welche auf das Trinkwasser zurückgeführt werden konnten. Meist waren die Ursachen nicht rechtskonforme Anlagen in Grundwasserschutz-zonen oder ein Versagen der Wasseraufbereitung<sup>206</sup>.

### 4.4 Analytik

#### Mikrobiologische Parameter

Bisher werden Indikatorkeime und aerobe mesophile Keime (AMK) kultiviert, um Hinweise auf eine mögliche Gefährdung des Trinkwassers durch pathogene Keime zu erhalten. Wenn Indikatororganismen nachgewiesen werden können, ist nicht auszuschliessen, dass Pathogene vorkommen. Indikatororganismen können jedoch gegenüber Aufbereitungsverfahren weniger resistent sein als pathogene Keime<sup>207</sup>. Bisherige Verfahren werden deshalb vor allem für die Analyse von Rohwasser als geeignet betrachtet, nicht jedoch für die Analyse von aufbereitetem Wasser<sup>208</sup>. Auch der Zusammenhang zwischen dem Auftreten pathogener Keime und dem Nachweis der Indikatorkeime ist oft nicht gegeben, so zum Beispiel bei Viren oder einigen pathogenen Protozoen<sup>209</sup>.

Die bisher in der Medizin verwendete Messmethode Durchflusszytometrie bietet einen ganz neuen Ansatz, mikrobielle Parameter zu quantifizieren<sup>210</sup>. Die Vorteile der Durchflusszytometrie liegen vor allem in der kurzen Zeit, innerhalb welcher Resultate erwartet werden können. Auch können nicht kultivierbare Mikroorganismen gezählt werden. Mittels Färbungen ist es zudem möglich, nebst der Anzahl der Organismen auch deren Vitalität und andere Parameter zu untersuchen<sup>211</sup>.

Einen direkten Nachweis pathogener Bakterien erlauben molekularbiologische Methoden (z.B. PCR), immunologische Trenn- und Anreicherungsverfahren<sup>212</sup> sowie auf Durchflusszytometrie basierende Verfahren<sup>213</sup>.

Durch verbesserte Analytik können bisher nicht nachweisbare pathogene Organismen wie Cryptosporidien, Noroviren und Verotoxin bildende E. coli nachgewiesen werden. Es werden vermutlich auch in Zukunft bisher noch nicht bekannte pathogene Mikroorganismen auftreten und nachweisbar werden<sup>214</sup>.

<sup>205</sup> Maurer & Stürchler 2000

<sup>206</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>207</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>208</sup> von Gunten, Eawag

<sup>209</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>210</sup> Hammes et al. 2008

<sup>211</sup> Egli, Eawag

<sup>212</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>213</sup> Egli, Eawag

<sup>214</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

---

Mehr Informationen zu neuen Methoden in der mikrobiellen Analytik im Kapitel ‚Neue Technologien‘.

#### Chemische Parameter

Durch neue Messmethoden werden immer mehr Stoffe in immer geringeren Konzentrationen messbar. Beispielsweise können mit der neuen Methode LC-MS/MS auch polare, gut wasserlösliche Verbindungen im Wasser nachgewiesen werden<sup>215</sup>.

Zu neu in der Umwelt nachgewiesenen, so genannten „emerging substances“, fehlen meist Informationen bezüglich öko- und humantoxikologischer Gefährdung, den Metaboliten, dem Verhalten in Gemischen oder Daten zu ihrem Verhalten in der Wasseraufbereitung<sup>216</sup>. Ebenfalls existieren für diese Stoffe keine Grenzwerte oder Qualitätsziele. Da in unserer Gesellschaft sehr viele chemische Stoffe verwendet werden<sup>217</sup> und analytische Nachweisverfahren immer geringere Konzentrationen detektieren können<sup>218</sup>, ist anzunehmen, dass in Zukunft noch eine Vielzahl von Substanzen im Wasser gefunden wird.

Eine systematische Erfassung und Erforschung neuer Stoffe, wie sie in den USA mit der „Drinking Water Contaminant Candidate List (CCL)“ seit längerem und in der EU seit 2007 mit REACH<sup>219</sup> erfolgt, gibt es in der Schweiz nicht. In der CCL werden systematisch neue Stoffe und Mikroorganismen aufgegriffen, welche im Trinkwasser vorkommen oder vorkommen könnten, und bezüglich Human- und Ökotoxikologie, Vorkommen in der Umwelt und Verhalten in der Wasseraufbereitung erforscht<sup>220</sup>. Aufgrund dieser Forschungsergebnisse können dann beispielsweise Grenzwerte eingeführt werden. REACH hat einen ähnlichen Ansatz wie die CCL, beschränkt sich aber nicht nur auf trinkwasserrelevante Stoffe sondern reguliert alle umweltrelevanten und potenziell Gesundheitsgefährdenden Stoffe<sup>221</sup>.

### 4.5 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung erfolgt anhand des HACCP-Konzeptes<sup>222</sup>. Aufgrund der Lebensmittelverordnung<sup>223</sup> müssen die Trinkwasserversorger die in der Herstellung des Trinkwassers kritischen Punkte (Critical Control Points) festlegen und für diese Massnahmen definieren, mit welchen Gesundheitsrisiken minimiert werden können<sup>224</sup>. Diese Punkte können beispielsweise sein: das Rohwasser, die Aufbereitung und die Trinkwasserqualität im Verteilnetz. Qualitätssicherungssysteme sind mehr als nur eine Endkontrolle der Trinkwasserqualität. Wasserversorgungen sollten deshalb die Aufbereitung

---

<sup>215</sup> von Gunten, Eawag

<sup>216</sup> Sacher & Brauch 2005

<sup>217</sup> Müller et al. 2005

<sup>218</sup> Sacher & Brauch 2005

<sup>219</sup> Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals (REACH) Regulation

<sup>220</sup> Sacher & Brauch 2005, <http://www.epa.gov/safewater/ccl/>

<sup>221</sup> Lahl & Hawxwell 2006

<sup>222</sup> Hazard Analysis Critical Control Point

<sup>223</sup> Art. 17 Abs. 3

<sup>224</sup> Kamm 2004

---

anhand der Art und Menge der Keime sowie der chemischen und physikalischen Bestandteile des Rohwassers anpassen können<sup>225</sup>.

Grössere Wasserversorgungen haben im Allgemeinen bereits sehr gut ausgebaute Qualitätssicherungssysteme<sup>226</sup>, so dass eine Gefährdung durch Mikroorganismen oder chemische Verunreinigungen minimiert ist. Die Qualitätssicherung wird der Grösse der Wasserversorgung und den hydrogeologischen Verhältnissen im Einzugsgebiet der Fassung angepasst<sup>227</sup>.

## 5 Interessenskonflikte

### Abwassereinleitungen

Wenn in einem Fließgewässer ein hoher Anteil des Abflusses aus Einleitungen von Kläranlagen entstammt und dessen Qualität beeinträchtigt wird, beeinflusst dies unter Umständen auch das Grund- und Seewasser<sup>228</sup>. Für die Qualität des Grundwassers ist dann entscheidend, wie stark die Flussinfiltration zur Grundwasserneubildung beiträgt<sup>229</sup>. Probleme kann es insbesondere bei Grundwasserfassungen geben, welche sich in der Nähe von Flüssen mit hohem Abwasseranteil befinden. Ebenfalls von Bedeutung ist der Zustand der Abwasserinfrastrukturen<sup>230</sup> (durch lecke Kanalisationen versickert ungereinigtes Abwasser direkt ins Grundwasser).

### Landwirtschaft und Grundwasserqualität

Die verschiedenen Stoffe, welche durch die Landwirtschaft direkt bzw. indirekt über Ausscheidungen von Weidetieren ausgebracht werden (Nitrat, Pestizide, pathogene Mikroorganismen, Arzneimittel), können in Oberflächengewässer abgeschwemmt und ins Grundwasser ausgewaschen werden und so der Wasserversorgung Probleme bereiten. Ebenfalls können die Lagerung und die Art der Tierhaltung den Eintrag von Nährstoffen in Gewässer beeinflussen. Durch korrekte Umsetzung der Gewässerschutzverordnung mit Nutzungsbeschränkungen in Grundwasserschutz zonen können diese Probleme gemindert werden<sup>231</sup>.

### Siedlungsdruck

Laut Gewässerschutzverordnung sind Bauten in der engeren Schutzzone S2 grundsätzlich verboten. Bei bestehenden Anlagen in diesen Zonen, die eine Grundwasserfassung gefährden, sind innert angemessener Frist zu beseitigen. Vielerorts wird diese Weisung nicht beachtet. Bei gewissen Was-

---

<sup>225</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>226</sup> von Gunten, Eawag

<sup>227</sup> Kamm, SVGW

<sup>228</sup> Bosshard 2005

<sup>229</sup> Zobrist, Eawag

<sup>230</sup> Maurer, Eawag

<sup>231</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht



---

serversorgungsanlagen sind nicht einmal rechtskräftige Grundwasserschutzzonen ausgeschieden worden<sup>232</sup>.

#### Naturschutz und Revitalisierungen

Da Naturschutzgebiete von nationaler Bedeutung nicht im üblichen Nutzungsplanverfahren ausgeschieden werden, wie dies bei den Grundwasserschutzzonen der Fall ist, kann es Überlappungen geben<sup>233</sup>. In solchen Fällen ist eine Interessenabwägung nötig.

Ein Beispiel für eine Naturschutzmassnahme, welche die Trinkwasserversorgung beeinträchtigen kann, sind Revitalisierungen. In gewissen Fällen kann eine Revitalisierung die Filter- und Reinigungswirkung der Flusssohle und des Uferbereichs verringern, so dass bei starken Niederschlägen die Belastungen an Mikroorganismen und Schadstoffen die Wasserfassung beeinträchtigen können<sup>234</sup>.

Um abschätzen zu können, ob eine Trinkwassergefährdung besteht, sind differenzierte Kenntnisse der Grundwasserdynamik bei unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen erforderlich<sup>235</sup>. Auch bezüglich der Mikrobiologie sind detaillierte Kenntnisse. Mit der Messung der aeroben mesophilen Keime (AMK) kann nur ein Teil der infiltrierten Mikroorganismen nachgewiesen werden. Auf Durchflusszytometrie basierende Verfahren könnten hier ein viel realistischeres Bild der mikrobiellen Infiltration liefern<sup>236</sup>. Je nach Situation könnte auch eine einfache Aufbereitung, z.B. durch UV, erwogen werden.

#### Forstwirtschaft

Bewaldete Gebiete fördern eine gute Grundwasserqualität<sup>237</sup>. Innerhalb der Schutzzonen ist es aber wichtig, dass keine grossflächigen Rodungen erfolgen<sup>238</sup>. Ebenfalls sollte darauf geachtet werden, dass keine Holzschutzmittel in die Grundwasserfassung gelangen. Diese Bedingungen schränken eine rentable Forstwirtschaft ein<sup>239</sup>.

## 6 Entwicklungstendenzen

- Die Qualität des Trinkwassers in der Schweiz kann als gut beurteilt werden, was unter anderem umfangreichen Gewässerschutzbemühungen wie dem planerischen Gewässerschutz, verschärften Abwassereinleitungsbestimmungen oder den Massnahmen zur Reduktion des Nitateintrags in Gewässer zu verdanken ist. Aufgrund der heutigen Datenlage beim Bund ist

---

<sup>232</sup> BAFU unveröffentlicht

<sup>233</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht

<sup>234</sup> Pfändler et al. 2007

<sup>235</sup> Huggenberger 2001

<sup>236</sup> Egli, Eawag

<sup>237</sup> Meylan 2003

<sup>238</sup> BAFU unveröffentlicht

<sup>239</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht

die gute Trinkwasserqualität aber schwierig zu belegen, da eine zentrale Datenbank noch fehlt<sup>240</sup>.

- Verunreinigungen des Trinkwassers treten vor allem in kleineren Wasserversorgungen im ländlichen Raum<sup>241</sup> sowie in Karstgebieten auf. Probleme resultieren häufig aufgrund einer, oft nicht ausreichenden, einstufigen Aufbereitung des Rohwassers mit UV oder Chlor, ungenügend ausgebildetem Personal oder schlecht gewarteten Anlagen<sup>242</sup>.

#### Chemische Parameter:

- Die humantoxikologisch bedenklichen Dosen sind für viele Stoffe nicht bekannt<sup>243</sup>. Ebenfalls ist unklar, wie sich verschiedene Stoffe in Kombination auf den menschlichen Körper auswirken<sup>244</sup>.
- Es ist wahrscheinlich, dass durch die verbesserte Analytik weiterhin neue Spurenstoffe auftreten werden<sup>245</sup>. Da die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Stoffen deren Verhalten in der Aufbereitung und in der Umwelt bestimmen, sollte sich die zukünftige Strategie bezüglich der Spurenstoffe an diesen Eigenschaften ausrichten<sup>246</sup>. Dies soll dazu führen, Regelungen bezüglich neu auftretender Spurenstoffe rascher einführen zu können.

#### Mikrobielle Parameter:

- Es ist anzunehmen, dass weiterhin neue Pathogene auftreten werden<sup>247</sup>.
- Neue Methoden in der mikrobiellen Analytik ermöglichen in Zukunft eine wesentlich bessere Datenerfassung<sup>248</sup>.

#### Offene Fragen:

- Über die Wasserqualität im Verteilnetz und in den Haushaltungen ist wenig bekannt<sup>249</sup>.
- Es ist noch unklar, in wie weit der vermutlich weiterhin voranschreitende Strukturwandel sowie neue Produktionstechniken in der Landwirtschaft zu einer Veränderung in der Nitrat- und Pestizidproblematik führen. Stärker an Siedlungen gekoppelte Stoffe wie beispielsweise MTBE und andere Spurenstoffe könnten in Zukunft vermehrt in den Fokus des Gewässerschutzes und der Aufbereitung gelangen. Weiter spielt der Zustand der Abwasserinfrastruktur eine wichtige Rolle.
- Darüber hinausgehende Aussagen über die zukünftige Entwicklung der Wasserqualität zu machen ist schwierig, da hierzu verschiedene Informationen nicht ausreichen:

<sup>240</sup> Studer, BAG

<sup>241</sup> Fuchsli et al. 2005

<sup>242</sup> von Gunten, Eawag

<sup>243</sup> Sacher & Brauch 2005

<sup>244</sup> Egli, Eawag

<sup>245</sup> Sacher & Brauch 2005

<sup>246</sup> von Gunten, Eawag

<sup>247</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>248</sup> Egli, Eawag

<sup>249</sup> von Gunten, Eawag

- 
- Die Entwicklung der verschiedenen Parameter der Grundwasserqualität kann anhand der kurzen Messreihe der Grundwasserbeobachtung NAQUA noch nicht beurteilt werden.
  - Klimawandel: Es ist grösstenteils noch unklar, in wie weit das Klima Auswirkungen auf die Wasserqualität haben wird.
  - Trinkwasserqualität: Es existiert noch keine schweizweite Übersicht über die Trinkwasserqualität. In naher Zukunft soll diese Informationslücke aber geschlossen werden (siehe Kap. Datengrundlage).
  - Krankheitsfälle: In der Schweiz können nur wenige Meldungen von Infektionskrankheiten aufs Trinkwasser zurückgeführt werden. Es ist anzunehmen, dass mit der Ratifizierung des WHO Protokolls über Wasser und Gesundheit zukünftig mehr Transparenz bezüglich durch Trinkwasser übertragener Krankheiten herrschen wird.

---

## 7 Referenzen und Quellen

Auckenthaler, A.; Huggenberger, P. (Hrsg., 2003): Pathogene Mikroorganismen im Grund- und Trinkwasser. Basel.

Berg, M.; Hug, S.; Zobrist, J. (2001): Arsen, eine neue Herausforderung für Wasserfachleute. In: Jahresbericht der Eawag 2001. 11-18. [http://www.wasserstadtzuerich.ch/pdf/themen/arsen\\_berg.pdf](http://www.wasserstadtzuerich.ch/pdf/themen/arsen_berg.pdf) (25. Juni 2007)

Berney, M.; Hammes, F.; Bosshard, F.; Weilenmann, H.-U.; Egli, T. (2007): Assessment and Interpretation of Bacterial Viability by Using the LIVE/DEAD BacLight Kit in Combination with Flow Cytometry. *Applied and Environmental Microbiology* 73 (10). 3283-3290.

Bosshard, U. (2005): Arzneimittelrückstände im Zürichsee. *gwa* 1. 23-26.

Bundesamt für Energie BFE (2006): Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005. Bern. [http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier\\_id=00763](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier_id=00763) (18. Juni 2007).

Bundesamt für Landwirtschaft BLW (2007): Agrarbericht 2007. Bern.

Bundesamt für Umwelt BAFU (unveröffentlicht): Leitbild Grundwasser. Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL / Bundesamt für Wasser und Geologie BWG (2004): NAQUA - Grundwasserqualität in der Schweiz 2002/2003. Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL / Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Meteoschweiz (2004): Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftenreihe Umwelt Nr. 369. Bern.

Füchslin, H.P.; Beuret, C.; Egli, T. (2005): Mikrobiologische Belastung des Trinkwassers in Trinkwasserfassungen ländlicher Regionen. *gwa* 11. 859-865.

Giger, W.; Alder, A.C.; McArdell, C.S.; Molnar, E. (2005): Antibiotikarückstände in Abwasser und Gewässern - Umweltanalytische Studien über Einträge und Verhalten. *gwa* 1. 17-23.

Giger, W.; Schaffner, C.; Kohler, H.-P.E. (2006): Benzotriazole and Tolyltriazole as Aquatic Contaminants. 1. Input and Occurrence in Rivers and Lakes. *Environmental Science and Technology* 40. 1786-1792.

Greber, E.; Cornaz, S.; Herold, T.; Kozel, R.; Traber, D.; Metzler, A. (2005): Viren und Protozoen in schweizerischen Grundwasservorkommen. *gwa* 11. 867-877.

Hammes, F.; Berney, M.; Wang, Y.; Vital, M.; Köster, O.; Egli, T. (2008): Flow-cytometric total bacterial cell counts as a descriptive parameter for drinking water treatment processes. *Water Research* 42(1-2). 269-277.

Hanke, I.; Singer, H.; McArdell, C.; Brennwald, M.; Traber, D.; Mural, R.; Herold, T.; Oechslin, R.; Kipfer, R. (2007): Arzneimittel und Pestizide im Grundwasser. *gwa* 3. 187-196.

---

Höhener, P. (2005): Kraftstoffadditive - Marktentwicklung, Verhalten in der aquatischen Umwelt und Relevanz für Trinkwasser. gwa 1. 27-33.

Huggenberger, P. (2001): Wiese-Revitalisierung: Führen die Veränderungen der Sohlenstruktur zu einer Trinkwassergefährdung? Regio Basiliensis 42/1. 63-76.

Hunkeler, D.; Goldschneider, N.; Rossi, P.; Burn, C. (2006): Biozönosen im Grundwasser - Grundlagen und Methoden der Charakterisierung von mikrobiellen Gemeinschaften. Umwelt-Wissen Nr. 06 - 03. Bundesamt für Umwelt, Bern. <http://www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/phphAzsae.pdf> (17. März 2008)

Jakob, A.; Liechti, P.; Binderheim-Bankay, E. (2002): 30 Jahre NADUF - Eine Zwischenbilanz. gwa 3. 203-208.

Kamm, U. (2004): HACCP-Methode in der Wasserversorgung. gwa 4. 233-240.

Kirschbaum, B. (Redaktion), Umweltbundesamt (Hrsg, 2006): Wasserwirtschaft in Deutschland Teil 1 - Grundlagen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin. [http://www.umweltdaten.de/wasser/broschuere\\_wasserwirtschaft\\_teil1.pdf](http://www.umweltdaten.de/wasser/broschuere_wasserwirtschaft_teil1.pdf) (3. September 2007)

Lahl, U.; Hawxwell, K.A. (2006): REACH - The New European Chemicals Law. Environmental Science & Technology 40(23). 7115-7121.

Liechti, P. (1994): Der Zustand der Seen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 237. Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft BUWAL. Bern.

Livingstone, D.M. (2003): Impact of secular climate change on the thermal structure of a large temperate central European lake. Climatic Change 57. 205-225.

Maurer, A.M.; Stürchler, D. (2000): A waterborne outbreak of small round structured viruses, Campylobacter and Shigella co-infections in La Neuveveille, Switzerland, 1998. Epidemiology and Infection 125. 325-332.

Meylan, B. (2003): Der Wald sorgt für sauberes Trinkwasser. gwa 3. 191-199.

Müller, E.; Müller, S.; Muralt, R.; Hartmann, D. (2005): Pflanzenschutzmittel in Gewässern - Quellen, Konzentration und Verhalten von PSM und deren Relevanz für das Trinkwasser. gwa 1. 39-48.

Pfändler, S.; Wülser, R.; Biner, M.; Kaiser, H.-P.; Buchs, U.; Leuthard, P.; Hoehn, E.; Krähenbühl, W.; Berdat, F.; Pärli, A. (2007): Flussrevitalisierung - Auswirkungen im Einflussbereich von Trinkwasserfassungen. gwa 7. 507-519.

Pfeifer, H.-R.; Derron, M.-H.; Rey, D.; Schlegel, C.; Dalla Piazza R.; Dubois, J.D.; Mandia, Y. (2000): Natural trace element input into the soil-sediment-water-plant system: examples of background and contaminated situations in Switzerland, Eastern France and Northern Italy. In: Markert B., Friese K. (Hrsg.) Trace elements – their distribution and effects in the environment. Amsterdam. 33–86.

Pfeifer H.-R., Zobrist, J. (2002): Arsen im Trinkwasser - auch ein Schweizer Problem? Eawag news 53. 15-17.

Sacher, F.; Brauch, H.-J. (2005): Anthropogene Spurenstoffe - Bedeutung für die Trinkwasserversorgung. gwa 1. 11-16.

- 
- Schmidt, T.C.; Haderlein, S.B.; Pfister, R.; Forster, R. (2004): Occurrence and fate modeling of MTBE and BTEX compounds in a Swiss Lake used as drinking water supply. *Water Research* 38. 1520-1529.
- Schultz, C. (2003): Arsen im Trinkwasser in der Schweiz und Deutschland. Referat im Rahmen des Bodenkundlichen Seminars WS 2002/2003 am Institut für Geoökologie der Technischen Universität Braunschweig. [http://www.soil.tu-bs.de/lehre/BokuSem/WS2002/CSchulz\\_Arsen\\_im\\_Trinkwasser-Referat.pdf](http://www.soil.tu-bs.de/lehre/BokuSem/WS2002/CSchulz_Arsen_im_Trinkwasser-Referat.pdf) (3. September 2007)
- Spreafico, M.; Weingartner, R. (2005): Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern.
- Stotzer, M. (2006): Einfluss des Klimawandels auf *Planktothrix rubescens* im Zürichsee. Diplomarbeit an der Eawag und ETH Zürich.
- Straile, D.; Livingstone, D.M.; Weyhenmeyer, G.A.; George, D.G. (2003): The Response of Freshwater Ecosystems to Climate Variability Associated with the North Atlantic Oscillation. *Geophysical Monograph* 134. 263-279.
- SVGW Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (2005A): Richtlinien für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung. Regelwerk W1d.
- SVGW Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (2005B): Richtlinie für die Qualitätssicherung in Grundwasserschutzzonen. Regelwerk W2d.
- SVGW Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches, Arbeitsgruppe PLAWA (unveröffentlicht): Technische Planung.
- Vital, M.; Fuchsli, H.P.; Hammes, F.; Egli, T. (2007): Growth of *Vibrio cholerae* O1 Ogawa Eltor in freshwater. *Microbiology* 153. 1993-2001.
- von Gunten, U. (2003): Ozonation of drinking water: Part II. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine. *Water Research* 37. 1469-1487.
- von Gunten, U.; Salhi, E. (2000): Bromat im Trinkwasser - Ein Problem in der Schweiz? *gwa* 10. 705-710.
- Walker, H.-S. (2006): Schwermetalle im Trinkwasser - Resultate des schweizerischen Messprogramms 2004/2005. *gwa* 6. 445-449.
- Weyhenmeyer, G.A.; Adrian, R.; Gaedke, U.; Livingstone, D.M.; Maberly, S.C. (2002): Response of phytoplankton in European lakes to a change in the North Atlantic Oscillation. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28. 1436-1439.
- WHO (1997): Division of emerging and communicable diseases surveillance and control annual report – 1996. Geneva, World Health Organization.
- Winkler, T.; Millius, J.; Kaulbach, R. (2005): Aufbereitung von Oberflächengewässern - Trinkwasserversorgung aus dem Bodensee. *gwa* 4. 305-311.

---

## Persönliche Mitteilungen

Egli Thomas, Prof. Dr., Vortrag vom 8. Juni 2007 an der Eawag und Gespräch vom 13. Juni 2007  
Eawag, Umweltmikrobiologie, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Hartmann Daniel, dipl. sc. nat. ETH, Geologe, telefonische Auskunft vom 14. Juni 2007  
Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Grundwasserschutz, 3003 Bern

Kamm Urs, Dipl. Ing. ETH, Vizedirektor des SVGW, telefonische Auskunft vom 16. Juli 2007  
SVGW, Bereich Wasserversorgung, Grütlistrasse 44, 8002 Zürich

Kipfer Rolf, Prof. Dr., Gespräch vom 20. Juni 2007  
Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Maurer Max, PD Dr., Gespräch vom 4. Juli 2007  
Eawag, Ingenieurwissenschaften, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Schwartz Thomas, Dr., Auskunft per Mail vom 5. September 2007  
Forschungszentrum Karlsruhe, Hermann von Helmholtz Platz 1,  
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Studer Pierre, dipl. Lm.-Ing. ETH., telefonische Auskunft vom 14. Juni 2007 & 9. August 2007  
Bundesamt für Gesundheit, Lebensmittelsicherheit, 3003 Bern

von Gunten Urs, Prof. Dr., Gespräch vom 13. Juni 2007  
Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Zobrist Jürg, Dr., Gespräch vom 8. Juni 2007  
Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

---

# Wasserkonsum

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche Eawag: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz



Bild: SVGW



---

## Zusammenfassung

Trinkwasser gilt als wichtigstes Lebensmittel für den Menschen. Von den 162 l Leitungswasser, welche pro Tag und Person verbraucht werden, werden 5.4 l fürs Trinken und Kochen verwendet.

Wichtige Faktoren, welche beeinflussen, ob Mineralwasser oder Leitungswasser getrunken wird, sind die organoleptischen Eigenschaften<sup>250</sup> des Wassers, die Sicherheit und das Gesundheitsbewusstsein. Aber auch die Medien, die Werbung oder demographische Faktoren beeinflussen, ob Leitungswasser getrunken wird.

In der Schweiz ist die Wertschätzung von Leitungswasser sehr hoch<sup>251</sup>. Einer Umfrage des SVGW zufolge trinken mehr als 70% der Bevölkerung regelmässig Leitungswasser. Das Image von Leitungswasser hat sich zwischen 2001 und 2006 sogar noch verbessert. Trotzdem nimmt auch der Konsum von Flaschenwasser in der Schweiz stetig zu. Welchen Faktoren dies zugrunde liegt, kann nicht abschliessend beantwortet werden, da es sich beim Trinkwasserkonsum um ein Konsumverhalten handelt, welches von Gewohnheit geprägt ist.

Bei der Bevölkerung bestehen teilweise erhebliche Wissenslücken. Beispielsweise werden oft Schadstoffe im Trinkwasser vermutet. Auch der Wasserpreis ist der Bevölkerung kaum bekannt. Damit Bedenken bezüglich des Trinkwassers in der Bevölkerung nicht zunehmen, ist es für die Wasserversorgungen wichtig, ihre Kundschaft aktiv zu informieren.

---

<sup>250</sup> Geschmack, Geruch und Farbe

<sup>251</sup> Mosler, Eawag

## Übersicht

Wasser ist bezüglich verschiedenster Aspekte ein einzigartiges Konsumgut, weshalb der Wasserverbrauch keinem einfachen Kaufverhalten entspricht<sup>252</sup>. Verschiedene Aspekte, welche über das Durstlöschen mit sauberem Wasser hinausgehen, können beispielsweise beim Kauf von Flaschenwasser eine Rolle spielen (z.B. Tragfähigkeit). Zudem sind sich Konsumenten ihrer Präferenzen oft nicht bewusst, da sie sich über den Service der Wasserversorgung wenig Gedanken machen<sup>253</sup>.

In der Schweiz werden pro Person und Tag durchschnittlich 162 l Leitungswasser verbraucht, davon werden fürs Trinken und Kochen 5.4 l (ca. 3%) benötigt<sup>254</sup>. In Abb. ist zu sehen, für welche Zwecke im Durchschnitt wie viel Wasser benötigt wird.

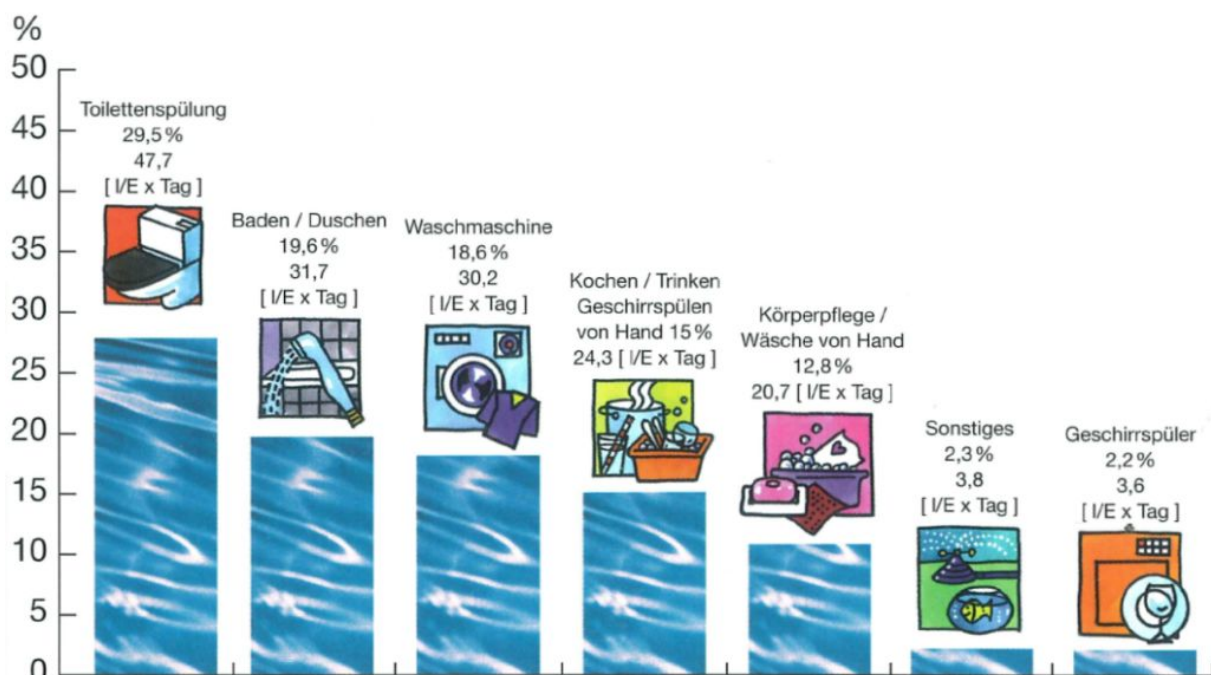


Abb.1: Wasserverbrauch im Haushalt. Daten von Gaille 1999 aus SVGW 2006

Dieses Kapitel beleuchtet Faktoren, welche den gesamten Wasserverbrauch beeinflussen sowie Faktoren, welche spezifisch den TRINKwasserkonsum beeinflussen.

<sup>252</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>253</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>254</sup> Gaille 1999

# 1 Faktoren des Wasserverbrauchs

Der Wasserverbrauch hängt von verschiedenen Faktoren ab. Er ist beispielsweise abhängig von der Witterung<sup>255</sup>, vom Preis<sup>256</sup>, vom Tourismus<sup>257</sup>, vom Wohnkomfort<sup>258</sup>, vom Einkommen<sup>259</sup> oder davon, ob man den Wasserpreis überhaupt kennt<sup>260</sup>.

Weiter können die verschiedenen Faktoren je nach Konsumentengruppe (Bevölkerung, Gewerbe, Industrie, öffentliche Hand etc.) den Wasserverbrauch unterschiedlich stark beeinflussen<sup>261</sup>.

## 1.1 Wasserpreis

### Wahrnehmung des Preises

Bei den meisten Gütern folgt einer Preisveränderung normalerweise eine Anpassung der Nachfrage<sup>262</sup>. Hierzu muss jedoch der Preis oder zumindest die Veränderung des Preises bekannt sein. Bei einer Umfrage im Auftrag des SVGW gaben mehr als 70 % an, nicht zu wissen, in welcher Größenordnung sich der Wasserpreis bewegte<sup>263</sup>. In der Schweiz ist demnach das Preisbewusstsein bezüglich Wasser sehr gering<sup>264</sup>. Eine Mehrzahl der Befragten war jedoch der Meinung, das Preis-Leistungs-Verhältnis stimme für sie<sup>265</sup>.

### Preiselastizität

Wie stark sich eine Preisänderung auf den Wasserkonsum auswirkt, ist auch abhängig davon, wie dringlich ein Bedürfnis ist<sup>266</sup>: So wird vermutlich der Verbrauch fürs Kochen bei einer Preiserhöhung kaum zurückgehen, während der Wasserverbrauch fürs Waschen des Autos eher vom Preis abhängig sein wird<sup>267</sup>. Ebenfalls muss der Preis für das Abwasser mit einbezogen werden, da für einen Haushalt die Summe des Wasser- und Abwasserpreises relevant ist<sup>268</sup>.

<sup>255</sup> z.B. Arbués et al. 2003, Nieswiadomy 1992

<sup>256</sup> z.B. Chicoine & Ramamurthy 1986, Arbués & Villanúa 2006

<sup>257</sup> Lippuner & Stenzel 2000

<sup>258</sup> Lippuner & Stenzel 2000

<sup>259</sup> z.B. Dandy et al. 1997, Arbués & Villanúa 2006

<sup>260</sup> Nieswiadomy & Molina 1991

<sup>261</sup> Schneider & Whitlatch 1991

<sup>262</sup> Beck 2006

<sup>263</sup> DemoScope 2006

<sup>264</sup> Mosler, Eawag

<sup>265</sup> DemoScope 2006

<sup>266</sup> Höglund 1999

<sup>267</sup> Schleich & Hillenbrand 2007

<sup>268</sup> Schleich & Hillenbrand 2007

---

## 1.2 Demographische Faktoren

### Alter

Es gibt keine gesicherten Erkenntnisse, wie sich das Alter auf den Wasserkonsum auswirkt. Schleich & Hillenbrand (2007) ermittelten eine positive Korrelation zwischen Wasserverbrauch und Durchschnittsalter und vermuten, dass ältere Menschen eher einen höheren Wasserkonsum haben. Im Gegensatz dazu fanden Nauges & Thomas (2000) bei Haushalten mit durchschnittlich älteren Bewohnern einen geringeren Wasserkonsum. Schliesslich fand Lyman (1992), dass Erwachsene weniger Wasser verbrauchen als Kinder. Teenager hatten in dieser Studie den geringsten Wasserverbrauch.

### Herkunft

Ebenfalls konnte in einer amerikanischen Studie gezeigt werden, dass die Herkunft einen Einfluss auf das Dusch- und Badeverhalten, und somit auch auf den Wasserverbrauch, haben kann<sup>269</sup>. So zeigte sich, dass Personen lateinamerikanischer Herkunft im Durchschnitt weniger Minuten unter der Dusche standen als nicht aus Lateinamerika stammende Personen.

### Bildung und Einkommen

Der Wasserverbrauch zeigte sich in vielen Studien abhängig vom Haushaltseinkommen<sup>270</sup>. Bei höheren Einkommen wurde mehr Wasser verbraucht. Als Erklärungen für dies werden beispielsweise das Vorhandensein grösserer, möglicherweise bewässerter, Grünflächen oder Schwimmbekken genannt. Die Auswirkungen höherer Bildung auf den Wasserverbrauch werden in vielen Studien nicht getrennt vom Einkommen betrachtet. Ein negativer Zusammenhang zwischen dem Grad der Bildung und dem Wasserverbrauch konnte z.B. bei de Oliver (1999) gezeigt werden.

## 1.3 Einstellungen

Obwohl allgemein angenommen wird, dass Überzeugungen und Einstellungen Einfluss auf das Umweltverhalten, in diesem Fall den Wasserverbrauch haben können, sind Studien zu diesem Thema widersprüchlich. Bei Aitken et al. (1994), einer australischen Studie, konnte kein wesentlicher Zusammenhang zwischen den Einstellungen zum Wasserverbrauch und dem Wasserkonsum gezeigt werden. Andererseits stellte man in einer US-amerikanischen Studie fest, dass in Regionen mit tendenzieller Wasserknappheit das Bewusstsein fürs Wassersparen mittels Information gesteigert werden konnte und sich dies signifikant auf den Wasserkonsum auswirkte<sup>271</sup>. Auch andere psychologische Faktoren spielen eine Rolle. So wird beispielsweise eher Wasser gespart, wenn davon ausgegangen wird, dass dies üblich ist<sup>272</sup>.

---

<sup>269</sup> Williams et al. 2001

<sup>270</sup> z.B. Dandy et al. 1997, Schneider & Whitlatch 1991, Lyman 1992

<sup>271</sup> Nieswiadomy 1992

<sup>272</sup> Corral-Verdugo & Frías-Armenta 2006

---

## 2 Faktoren des Trinkwasserkonsums

Verschiedenste Faktoren beeinflussen den Leitungswasserkonsum<sup>273</sup>. Die Konsumenten können unzufrieden sein mit dem Geschmack, Geruch oder der Farbe des Wassers (Organoleptische Faktoren)<sup>274</sup>. Der Konsum von Leitungswasser kann auch verweigert werden, weil Bedenken bezüglich gesundheitlicher Risiken durchs Trinkwasser bestehen<sup>275</sup>. Auch das Wissen, woher das Rohwassers stammt<sup>276</sup> oder Überzeugungen der Konsumenten<sup>277</sup> können bestimmen, ob Leitungswasser getrunken wird oder nicht. Schliesslich können auch demographische Faktoren wie Alter, Einkommen oder Bildung<sup>278</sup> sowie geographische Faktoren eine Rolle spielen. Schliesslich prägen Gewohnheiten den Trinkwasserkonsum<sup>279</sup>, was es schwierig macht, die einzelnen Faktoren zu identifizieren.

### 2.1 Organoleptische Eigenschaften des Trinkwassers

Die Trinkwasserqualität kann von den Konsumenten nur anhand des Geschmacks, des Geruchs und der Farbe beurteilt werden<sup>280</sup>. Diese Abschätzungen haben deshalb einen starken Einfluss darauf, wie die Konsumenten ihr Wasser bewerten<sup>281</sup>. Wird ein bestimmter Geschmack wahrgenommen, glaubt der Konsument, das Wasser sei nicht mehr gefahrlos zu trinken<sup>282</sup>. So kann beispielsweise ein Wechsel in der Aufbereitung einen starken Einfluss nehmen auf die wahrgenommene Qualität und Sicherheit des Trinkwassers, auch wenn sich diese nicht verschlechtert hat<sup>283</sup>.

In einer Studie aus Frankreich zeigte sich, dass für ungefähr die Hälfte der Flaschenwasserkonsumenten der Geschmack des Hahnenwassers für den Konsum von Flaschenwasser ausschlaggebend war<sup>284</sup>. In einer kanadischen Studie gaben 70.7% der Flaschenwasserkonsumenten an, Flaschenwasser aus Gründen des Geruchs oder Geschmacks dem Leitungswasser vorzuziehen. Dies ist vermutlich auf die in Nordamerika häufig angewandte Chlorung und den damit verbundenen Chlorgegeschmack zurückzuführen<sup>285</sup>. In der Schweiz wird das Trinkwasser bezüglich organoleptischen Eigenschaften bedeutend besser eingeschätzt. Nur 4% der Befragten gaben an, das Leitungswasser

---

<sup>273</sup> Turgeon et al. 2004

<sup>274</sup> Levallois et al. 1999

<sup>275</sup> Turgeon et al. 2004

<sup>276</sup> Larson & Gnedenko 1999

<sup>277</sup> Vogel 2006

<sup>278</sup> Jones et al. 2006, Hudon et al. 1991

<sup>279</sup> Vogel, Eawag

<sup>280</sup> Turgeon et al. 2004

<sup>281</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>282</sup> McGuire 1995

<sup>283</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>284</sup> IFEN 2000

<sup>285</sup> von Gunten, Eawag

habe einen schlechten Geschmack, weitere 8% denken, dass dies zum Teil zutrifft<sup>286</sup>. 84% der Befragten empfanden ihr Leitungswasser als geruchsneutral. Diese Einschätzungen könnten unter anderem darauf gründen, dass in der Schweiz der Netzschutz in der Regel so tief dosiert wird, dass die Konzentrationen von Chlor oder Chlordioxid bei den Konsumenten unterhalb des Schwellenwerts liegen<sup>287</sup>.

## 2.2 Gesundheitliche Faktoren

Bei den gesundheitlichen Faktoren müssen zwei Motivationen unterschieden werden. Einerseits kann die Vermeidung eines Gesundheitsrisikos, andererseits mögliche gesundheitliche Vorteile durch das Trinkwasserverhalten im Zentrum stehen<sup>288</sup>.

### Vermeidung eines Gesundheitsrisikos

Ob Wasser als „gesund“ wahrgenommen wird, hängt stark von den organoleptischen Eigenschaften ab<sup>289</sup>. Auch Medien haben einen grossen Einfluss indem sie über Qualitätsveränderungen berichten<sup>290</sup>. Die Besorgnis der Bevölkerung bezüglich der Wasserqualität ist abhängig vom Umweltbewusstsein sowie von Ausbrüchen wasserbedingter Krankheiten<sup>291</sup>. Auch Unterbrüche des Wasserversorgungssystems spielen bei der Wahrnehmung des Wasserversorgungsservice eine wichtige Rolle<sup>292</sup>.

In Frankreich gaben von jenen, welche kein Leitungswasser trinken, 12.7% an, Leitungswasser aus Angst vor Krankheiten zu meiden<sup>293</sup>. Weitere knapp 10% vermuteten toxische Stoffe im Wasser und konsumierten deshalb kein Leitungswasser. In den USA sind sogar 86% der Bevölkerung in irgendeiner Weise besorgt über die Trinkwasserqualität<sup>294</sup>.

In der Schweiz sind die Bedenken bezüglich einer Gefährdung durchs Trinkwasser sehr viel geringer. In einer SVGW-Umfrage wiesen 91% der Befragten dem Trinkwasser keine schädlichen Eigenschaften zu<sup>295</sup>. Von denjenigen Personen, welche selten oder nie Leitungswasser trinken, gaben 6% mangelndes Vertrauen als Grund für den Verzicht an. Weitere 6% verzichteten aus Sicherheitsgründen auf Leitungswasser, da sie dieses als ungesund erachteten<sup>296</sup>.

---

<sup>286</sup> Demoscope 2006

<sup>287</sup> von Gunten, Eawag

<sup>288</sup> Doria 2006

<sup>289</sup> McGuire 1995

<sup>290</sup> Vogel 2006

<sup>291</sup> Harding & Anadu 2000

<sup>292</sup> Willis et al. 2005

<sup>293</sup> IFEN 2000

<sup>294</sup> Means et al. 2002

<sup>295</sup> Demoscope 2006

<sup>296</sup> Demoscope 2006

---

## Gesundheitsbewusstsein

Mineralwasser wird in Europa mit einem gesunden Lebensstil und gesunder Ernährung in Verbindung gebracht. Dies hat eine lange Tradition. Bis in die 50er Jahre wurde Mineralwasser in Europa in Drogerien und Apotheken verkauft<sup>297</sup>.

Die Verbindung zur gesunden Ernährung besteht heute noch. So bevorzugen beispielsweise Konsumenten, welche biologische Produkte kaufen, häufiger Flaschenwasser gegenüber Hahnenwasser<sup>298</sup>. Bei vielen Konsumenten besteht sogar der Eindruck, natürliches Mineral- oder Quellwasser habe eine ausserordentliche Nährstoffzusammensetzung<sup>299</sup>. Flaschenwasser wird von seinen Konsumenten als besser schmeckend, qualitativ besser und gesünder bewertet als Hahnenwasser<sup>300</sup>. Um sich von anderen Flaschenwasserherstellern abzuheben, wurde beispielsweise auch sauerstoffangereichertes Wasser auf den Markt gebracht, dessen gesundheitsfördernde Wirkung äusserst umstritten ist<sup>301</sup>. In der Schweiz und der EU ist es jedoch verboten, eine gesundheitsfördernde oder präventive Wirkung auf Flaschenwasser auszuweisen<sup>302</sup>.

In wie weit in der Schweiz ein vermehrtes Gesundheitsbewusstsein zu einem Verzicht von Leitungswasser und zum vermehrten Verkauf von Mineralwasser führt, ist nicht bekannt.

## 2.3 Präferenzen

Nebst gesundheitlichen Aspekten und organoleptischen Eigenschaften von Wasser, sind persönliche Präferenzen entscheidend für das Konsumverhalten von Trinkwasser.

Oft wird Flaschenwasser nicht als Alternative zu Leitungswasser sondern als Alternative zu Limonade oder anderen nicht-alkoholischen Getränken getrunken<sup>303</sup>. Häufig wird Flaschenwasser auch konsumiert, weil kohlenstoffhaltiges oder gekühltes Wasser bevorzugt wird<sup>304</sup>.

Ein vermehrter Flaschenwasserkonsum muss also nicht zwingend auf fehlendes Vertrauen gegenüber der Wasserversorgung hinweisen.

## 2.4 Demographische Faktoren

Auch demographische Faktoren wie Alter, Einkommen, Beschäftigung oder Geschlecht können die Akzeptanz von Leitungswasser beeinflussen und damit, ob Flaschenwasser oder Leitungswasser getrunken wird<sup>305</sup>. So zeigte sich in einer Studie aus England, dass Frauen mehr Leitungswasser

---

<sup>297</sup> Ferrier 2001

<sup>298</sup> Doria 2006

<sup>299</sup> Ferrier 2001

<sup>300</sup> Ferrier 2001

<sup>301</sup> Ferrier 2001

<sup>302</sup> Ferrier 2001

<sup>303</sup> FWR 1996

<sup>304</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>305</sup> FWR 1996, Adote Abrahams et al. 2000, IFEN 2000

trinken als Männer, obwohl Männer insgesamt mehr Flüssigkeit zu sich nehmen<sup>306</sup>. Dass Frauen mehr Leitungswasser trinken als Männer, konnte auch für die Schweiz gezeigt werden<sup>307</sup>.

Beim Alter zeigte sich in der englischen Studie ein Maximum beim Trinkwasserkonsum bei der Altersgruppe zwischen 46 und 55 Jahren<sup>308</sup>. In einer Studie aus Kanada zeigte sich, dass in den jüngeren Bevölkerungsteilen mehr Flaschenwasser konsumiert wurde<sup>309</sup>. In der Schweiz zeigte sich, dass Trinkwasser etwas häufiger getrunken wurde, wenn das Bildungsniveau höher war<sup>310</sup>. Schliesslich können kulturelle Faktoren bei der Wahrnehmung von Trinkwasser eine Rolle spielen, so zeigte sich in einer amerikanischen Studie, dass die Bevölkerung mit lateinamerikanischem Ursprung einen deutlich höheren Flaschenwasserkonsum hatte<sup>311</sup>.

## 2.5 Geographische Faktoren

Die Akzeptanz von Leitungswasser ist regional unterschiedlich. In der Schweiz ist die Akzeptanz besonders hoch in der Stadt Zürich sowie in ländlicheren Regionen der Deutschschweiz<sup>312</sup>. Tendenziell wird in urbanen Regionen häufiger Flaschenwasser konsumiert<sup>313</sup>. Zusätzlich unterscheidet sich in der Schweiz der Trinkwasserkonsum zwischen der Deutschschweiz, der Romandie und dem Tessin, wobei in der lateinischen Schweiz etwas weniger Leitungswasser getrunken wird<sup>314</sup>. Auch die Zufriedenheit mit der Trinkwasserqualität ist in der Romandie und dem Tessin geringer als in der Deutschschweiz.

Ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Wahrnehmung der Qualität des Leitungswassers spielt die Distanz des Konsumenten zur Wasserfassung<sup>315</sup>. In einer kanadischen Studie waren sich Konsumenten, welche am Rande des Verteilsystems lagen, der Wasserqualität weniger bewusst als jene welche näher der Fassung lebten<sup>316</sup>. Ob dies auch für die Schweiz gilt, ist nicht bekannt. In einer Kundenumfrage der Technischen Betriebe Wil zeigte sich jedoch, dass es der Bevölkerung wichtig ist, dass Hahnenwasser ein lokales Produkt ist<sup>317</sup>. Eine Fernwasserversorgung könnte sich deshalb negativ auf die Akzeptanz von Trinkwasser auswirken.

---

<sup>306</sup> FWR 1996

<sup>307</sup> Demoscope 2006

<sup>308</sup> FWR 1996

<sup>309</sup> Hudon et al. 1991

<sup>310</sup> Demoscope 2006

<sup>311</sup> Williams et al. 2001

<sup>312</sup> DemoScope 2006

<sup>313</sup> Doria 2006, Ferrier 2001

<sup>314</sup> Demoscope 2006

<sup>315</sup> Turgeon et al. 2004

<sup>316</sup> Turgeon et al. 2004

<sup>317</sup> TBW 2005 in SVGW 2006



## 2.6 Soziale Faktoren

Ferrier (2001) sieht das erhöhte Kaufverhalten von Flaschenwassern als Resultat von gesellschaftlichen Veränderungen. Durch den Strukturwandel würden immer mehr Leute in einem Büro arbeiten, wo eine Flasche Wasser auf dem Pult bereits üblich sei. Ebenfalls würde der Konsum von teurem Mineralwasser ein hohes Ansehen generieren. In der Schweiz gibt es Mineralwässer zu kaufen, welche um die 100 CHF pro Liter kosten.

Es liegen für die Schweiz keine Studien vor, welche den Einfluss auf das Trinkwasserverhalten untersuchen<sup>318</sup>.

## 2.7 Medien und Marketing

Während für Flaschenwasser intensiv geworben wird<sup>319</sup>, beschränken sich die öffentlichen Wasserversorgungen in der Schweiz grösstenteils auf ihre gesetzlich vorgeschriebene Informationspflicht<sup>320</sup>, da für die Wasserversorgungen der TRINKwasseranteil mit rund 3% vernachlässigbar ist<sup>321</sup>.

Wenn eine Wasserversorgung Aufsehen erregt (z.B. aufgrund eines Unfalles) beeinflusst dies das Vertrauen der Bevölkerung in die Wasserversorgung allgemein, auch wenn nur eine einzige Wasserversorgung betroffen war<sup>322</sup>.

Obwohl sich Flaschenwasser von Hahnenwasser kaum abhebt, werden sehr viel höhere Preise dafür bezahlt. Dass ein farbloses, annähernd geschmackfreies und geruchloses Produkt ein derartiger Verkaufsschlager ist, kann deshalb als grosser Marketingerfolg gewertet werden<sup>323</sup>. Trotzdem sind auch bei Flaschenwasserkonsumenten fast keine Kenntnisse über die Wasserinhaltsstoffe vorhanden<sup>324</sup>.

Informationspolitik der Wasserversorgungen

Öffentlichkeitsarbeit und Information der Wasserversorger sind entscheidend für die Zufriedenheit der KonsumentInnen, da das Image ein sehr wichtiger Faktor für die Kundenzufriedenheit ist<sup>325</sup>. Transparenz in der Kommunikation von positiven sowie auch negativen Aspekten der Wasserversorgung kann das Vertrauen der Bevölkerung in die Trinkwasserversorgung verbessern<sup>326</sup>. Unzufriedenheit mit der Wasserversorgung kann entstehen, wenn nicht oder falsch kommuniziert wird, beispielsweise bei akuten Verunreinigungen des Trinkwassers<sup>327</sup>. Obwohl generell nur wenig Beschwerden eingehen<sup>328</sup>,

<sup>318</sup> Vogel, Eawag

<sup>319</sup> Ferrier 2001

<sup>320</sup> Vogel 2006

<sup>321</sup> von Gunten, Eawag

<sup>322</sup> Fife-Schaw et al. 2007B

<sup>323</sup> Ferrier 2001

<sup>324</sup> Ferrier 2001

<sup>325</sup> Merkel et al. 2003

<sup>326</sup> Fife-Schaw et al. 2007B

<sup>327</sup> Fessenden-Raden et al. 1987

<sup>328</sup> Fife-Schaw et al. 2007B

kann sich auch die Art, wie eine Beschwerde behandelt wird, auf die Kundenzufriedenheit auswirken<sup>329</sup>.

Bei den Schweizer KonsumentInnen bestehen bezüglich des Trinkwassers erhebliche Wissenslücken<sup>330</sup>. So wussten in einer Umfrage beispielsweise zwei Drittel nicht, wie viel der Wasserpreis beträgt. Auch vermuteten ungefähr ein Viertel der Befragten Schadstoffe im Leitungswasser<sup>331</sup>.

Es ist nicht abschliessend geklärt, welche Informationen vom Konsumenten gewünscht werden<sup>332</sup>. Da normalerweise die Wasserversorgung nicht zur Beunruhigung Anlass gibt, sollte Information gezielt erfolgen<sup>333</sup>, da durch keine oder falsche Informationen im schlimmsten Fall auch Ängste generiert werden können<sup>334</sup>. Long et al. (1996) empfehlen, Informationsbemühungen unabhängig von Unfällen oder sonstigen Schwierigkeiten konstant auf hohem Niveau zu betreiben. Die Wasserversorgungen müssen sicherstellen, dass die Bevölkerung reale Risiken von diffusen Ängsten bezüglich der Wasserqualität unterscheiden kann, da sie sonst an den Konsumenten vorbei informieren, welche trotz ihrer Anstrengungen zu besserer Wasserqualität das Leitungswasser nicht trinken<sup>335</sup>.

Laut VKCS Arbeitsgruppe sollen die Informationen bezüglich Wasserqualität deshalb den Bedürfnissen eines „Normal“-Konsumenten angepasst und kurz sein<sup>336</sup>. Es muss dem Leser klar sein, ob die Qualität einwandfrei war<sup>337</sup>. Eine genauere Beschreibung der Messgrössen oder praktische Tipps bezüglich der Nutzung des Wassers können eine Information abrunden<sup>338</sup>. Als Informationskanäle können Pressemitteilungen, das Internet, der Gemeindeanzeiger etc. dienen, oder ein Informationsblatt wird mit der Wasserrechnung verschickt<sup>339</sup>. Schliesslich sollten die Wasserversorgungen, beispielsweise bei Negativmeldungen in der Presse bezüglich chemischer und mikrobiologischer Wasserqualität eine aktivere Informationspolitik betreiben, um das meist gute Image des Trinkwassers zu erhalten.

## 2.8 Welche Faktoren sind entscheidend?

In der Bevölkerung sind die Unterschiede zwischen Leitungswasser und Flaschenwasser kaum bekannt. Wie ein Wasser beurteilt wird, hängt deshalb meist nicht von objektiven Kriterien ab<sup>340</sup>.

Die Befragten, welche kein Leitungswasser trinken, begründen dies mit dem Geschmack, mit der Vermutung von Verunreinigungen oder mit der Präferenz für ein anderes Getränk<sup>341</sup>.

<sup>329</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>330</sup> SVGW 2006

<sup>331</sup> DemoScope 2006

<sup>332</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>333</sup> Fife-Schaw et al. 2007A

<sup>334</sup> McGregor et al. 1994

<sup>335</sup> Turgeon et al. 2004

<sup>336</sup> VKCS Arbeitsgruppe 2002

<sup>337</sup> VKCS Arbeitsgruppe 2002

<sup>338</sup> VKCS Arbeitsgruppe 2002

<sup>339</sup> VKCS Arbeitsgruppe 2002

<sup>340</sup> SVGW 2006

Es ist nicht klar, ob die Wahrnehmung einer schlechten Wasserqualität zu einem höheren Konsum von Flaschenwasser führt, oder ob andere Gründe eine Rolle spielen (z.B. Komfort, Geschmack) und dieser Grund im Nachhinein angegeben wird, als Rechtfertigung für den Kauf<sup>342</sup>. In einer Studie von Adote Abrahams et al. (2000) zeigte sich, dass mit dem Geruch oder Geschmack des Hahnenwassers unzufriedene Konsumenten bereit waren, für Flaschenwasser zu bezahlen. Sie gaben jedoch an, dies aufgrund einer Vermeidung von gesundheitlichen Risiken zu tun<sup>343</sup>. Auch verschiedene andere Studien zeigen, dass eher Geschmacks- und Geruchsphänomene den Kauf von Flaschenwasser begründen und weniger das Gefühl einer Gefährdung durch das Trinkwasser<sup>344</sup>.

### 3 Flaschenwasserkonsum

In Westeuropa wird am meisten Flaschenwasser konsumiert (durchschnittlich 85 Liter pro Person und Jahr). In Tab. 2 ist der jährliche Pro Kopf Konsum von Flaschenwasser in ausgewählten Ländern ersichtlich. Es ist zu sehen, dass beispielsweise die Niederlande im Vergleich mit der Schweiz einen sehr geringen Flaschenwasserkonsum aufweisen. Dies könnte unter anderem darauf zurück zu führen sein, dass in den Niederlanden ein erhöhtes Bewusstsein der Bevölkerung für Angelegenheiten im Zusammenhang mit Trinkwasser besteht und dass die wenigen verbliebenen Wasserversorgungen die Information der Bevölkerung aktiv gestalten und somit das Vertrauen in die Wasserversorgung fördern.

Konsum von Flaschenwasser pro Kopf und Jahr			
Italien	184 l	USA	91.0 l
Mexiko	169 l	Saudi Arabien	88.0 l
Arabische Emirate	164 l	Niederlande	21.1 l
Belgien & Luxemburg	148 l	Schweden	21.0 l
Frankreich	142 l	Dänemark	17.9 l
Spanien	137 l	Finnland	14.1 l
Deutschland	125 l	Japan	12.3 l
Libanon	102 l	Ägypten	3.8 l
<b>Schweiz</b>	<b>100 l</b>	Südafrika	2.4 l
<b>Zypern</b>	<b>92 l</b>	Globaler Durchschnitt	22.7 l

Tab. 2: Konsum von Flaschenwasser in ausgewählten Ländern<sup>345</sup>.

<sup>341</sup> DemoScope 2006

<sup>342</sup> Fife-Schaw 2007B

<sup>343</sup> Fife-Schaw 2007B

<sup>344</sup> IFEN 2000, Means et al. 2001

<sup>345</sup> aus Gleick et al. 2006

Asien und der Pazifikraum weisen die höchsten Zuwachsraten von ca. 15% zwischen 1999 und 2001 auf<sup>346</sup>. Auch in Osteuropa ist der Konsum mit ca. 13% pro Jahr stark gestiegen<sup>347</sup>. Über alle Kontinente hinweg gesehen wächst der Flaschenwasserkonsum jährlich um 7% und ist damit der am stärksten wachsende Sektor der Lebensmittelindustrie<sup>348</sup>. Vom Weltmarkt der Flaschenwasserindustrie machen lokale Anbieter noch drei Viertel aus<sup>349</sup>. Der Flaschenwassermarkt ist so attraktiv, dass sogar traditionelle Wasserversorgungsfirmen wie Suez-Lyonnaise oder Vivendi in den Flaschenwassermarkt eingestiegen sind. Auch für städtische Wasserversorgungen (z.B. Kansas, Houston, North Miami) ist der Eintritt in diesen Markt ein Thema<sup>350</sup>.

Flaschenwasser kann bezüglich qualitativer Aspekte grundsätzlich nicht als schlechter oder besser bezeichnet werden als Hahnenwasser<sup>351</sup>. Flaschenwasser wurde schon verschiedentlich in Studien mit Hahnenwasser verglichen, wobei in einigen Studien festgestellt wurde, dass zwar einige Flaschenwasser bezüglich Wasserqualität besser abschneiden können als Hahnenwasser, dass dies aber längst nicht immer der Fall ist<sup>352</sup>.

Die Qualität von Flaschenwasser hängt unter anderem von der Art der Flasche ab. Aus PET oder dem Material des Flaschendeckels können organische Spurenstoffe ins Wasser gelangen<sup>353</sup>. Mineralwasser in Glas sowie Leitungswasser schneidet bezüglich organischen Spurenstoffen daher besser ab. In Mineralwässern sind weniger Schwermetalle enthalten als in Leitungswasser<sup>354</sup>.

Es gibt verschiedenste Arten von Flaschenwasser (Mineralwasser, Quellwasser, etc.), welche unter Umständen in verschiedenen Ländern unterschiedlich gekennzeichnet sein können und somit von den Konsumenten nicht immer unterschieden werden können<sup>355</sup>. Um eine Marke für KonsumentInnen attraktiv zu machen, wird oft eine Verpackung gewählt, welche teurer ist als ihr Inhalt<sup>356</sup>.

Weitere Nachteile von Flaschenwasser sind der Preis, dass es oft weniger häufig kontrolliert wird als Leitungswasser und bei gewissen Parametern geringere Standards erfüllen muss<sup>357</sup>. Flaschenwasser schneidet ebenfalls bezüglich ökologischer Merkmale schlechter ab. Eine Ökobilanz-Studie hat gezeigt, dass Leitungswasser im Gegensatz zu Mineralwasser eine deutlich geringere Umweltbelastung aufweist<sup>358</sup>. Dies ist hauptsächlich auf die Verpackung und den Transport des Mineralwassers zurückzuführen.

---

<sup>346</sup> Ferrier 2001

<sup>347</sup> Doria 2006

<sup>348</sup> Ferrier 2001

<sup>349</sup> Ferrier 2001

<sup>350</sup> Ferrier 2001

<sup>351</sup> Doria 2006

<sup>352</sup> Hunter 1993, Olson 1999, Lalumandier & Ayers 2000

<sup>353</sup> Fewtrell et al. 1997

<sup>354</sup> von Gunten, Eawag

<sup>355</sup> Ferrier 2001

<sup>356</sup> Ferrier 2001

<sup>357</sup> Ferrier 2001

<sup>358</sup> SVGW 2006

---

## 4 Entwicklungstendenzen

Aufgrund des aktuellen Kenntnisstandes können bezüglich Entwicklungstendenzen und Herausforderungen für die Wasserversorgungen folgende Aussagen gemacht werden:

- Für die Schweiz sind die Einflussfaktoren auf den gesamten Wasserverbrauch weitgehend unbekannt. Verschiedene Faktoren sind aus Untersuchungen aus dem Ausland bekannt; inwiefern sich diese aber auf die hiesigen Bedingungen übertragen lassen, ist offen. Aussagen zum zukünftigen Wasserverbrauch bleiben weitgehend qualitativ, ebenso wenig können quantitative Angaben gemacht werden, wie der Wasserverbrauch massgeblich beeinflusst werden kann. Welchen Einfluss die Kosten für Trinkwasser und Abwasserentsorgung auf den Wasserverbrauch haben ist ebenfalls weitgehend unbekannt.
- Wie das Vertrauen in die *Trinkwasserqualität* den Wasserverbrauch beeinflusst, ist ebenfalls grösstenteils unklar.
- Aus Umfragen geht hervor, dass wahrgenommene oder effektive Qualitätsmängel im Trinkwasser den Konsum von Flaschenwasser fördern können. Umgekehrt ist der erhöhte Verkauf von Flaschenwasser kein eindeutiger Indikator für ein fehlendes Vertrauen in die Wasserversorgung<sup>359</sup>, da die Schweizer Wasserversorgungen in der Bevölkerung ein sehr gutes Image haben und Mineralwasser zum Teil auch als Ersatz von Süssgetränken konsumiert wird<sup>360</sup>.
- Der Trinkwasserkonsum entspricht einem von Gewohnheit geprägten Konsumverhalten, weshalb es schwierig ist, die Ursachen für Konsumententscheide zu eruieren.
- Es ist abzusehen, dass eine aktive Informationspolitik für die Wasserversorgungen in der Schweiz an Bedeutung gewinnen wird. Damit kann Unsicherheiten und Ängsten bei der Kundschaft vorgebeugt werden. Ebenfalls können die momentan noch erheblichen Kenntnislücken seitens der Kundschaft geschlossen werden.

---

<sup>359</sup> Fife-Schaw et al. 2007B

<sup>360</sup> Means et al. 2002

---

## 5 Referenzen und Quellen

- Adote Abrahams, N.; Hubbell, B.J.; Jordan, J.L. (2000): Joint Production and Averting Expenditure Measures of Willingness to Pay: Do Water Expenditures Really Measure Avoidance Costs? *American Journal of Agricultural Economics* 82. 427-437.
- Aitken, C.; McMahon, T.; Wearing, A.; Finlayson, B. (1994): Residential water use: Predicting and reducing consumption. *Journal of Applied Social Psychology* 24. 136-158.
- Arbués, F.; García-Valiñas, M.A.; Martínez-Espiñeira, R. (2003): Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. *Journal of Socio-Economics* 32. 81-102.
- Arbués, F.; Villanúa, I. (2006): Potential for Pricing Policies in Water Resource Management: Estimation of Urban Residential Water Demand in Zaragoza, Spain. *Urban Studies* 43(13). 2421–2442.
- Beck, B. (2006): *Volkswirtschaft verstehen*. vdf Hochschulverlag der ETH Zürich.
- Corral-Verdugo, V.; Frías-Armenta, M. (2006): Personal normative beliefs, antisocial behavior, and residential water conservation. *Environment and Behavior* 38(3). 406-421.
- Chicoine, D.L.; Ramamurthy, G. (1986): Evidence on the specification of price in the study of domestic water demand. *Land Economics* 62(1). 26-32.
- Dandy, G.; Nguyen, T.; Davies, C. (1997): Estimating residential water demand in the presence of free allowances. *Land Economics* 73(1). 125-139.
- DemoScope (2006): *Image Trinkwasser 2006*. Eine Studie durchgeführt für den SVGW. Adligenswil.
- de Oliver, M. (1999): Attitudes and inaction. A case study of the manifest demographics of urban water conservation. *Environment and Behavior* 31(3). 372-394.
- Doria, M.F. (2006): Bottled water versus tap water: understanding consumers' preferences. *Journal of Water and Health* 4(2). 271-276.
- Ferrier, C. (2001): *Bottled water: Understanding a social phenomenon*. Report commissioned by the WWF. [http://assets.panda.org/downloads/bottled\\_water.pdf](http://assets.panda.org/downloads/bottled_water.pdf) (21. November 2007)
- Fessenden-Raden, J.; Fitczen, J.M.; Heath, J.S. (1987): Providing risk information in communities: Factors influencing what is heard and accepted. *Science, Technology and Human Values* 12. 94-101.
- Fewtrell, L.; Kay, D.; Wyer, M.; Godfree, A.; O'Neill, G. (1997): Microbiological quality of bottled water. *Water Science and Technology* 35(11-12). 47-53.
- Fife-Schaw, C.; Kelay, T.; Vloerbergh, I.; Ramaker, T.; Chenoweth, J.; Morrison, G.; Lundéhn, C. (2007A): *Consumer Trust and Confidence*. Bericht Techneau D 6.1.2. <http://www.techneau.org/fileadmin/files/Publications/Publications/Deliverables/D6.1.2.pdf> (21. November 2007)
- Fife-Schaw, C.; Kelay, T.; Vloerbergh, I.; Chenoweth, J.; Morrison, G.; Lundéhn, C. (2007B): *Consumer Preferences*. Bericht Techneau D 6.2.1.

---

<http://www.techneau.org/fileadmin/files/Publications/Publications/Deliverables/D6.2.1.pdf>  
(21. November 2007)

FWR Foundation for Water Research (1996): Tap Water Consumption in England and Wales: Findings from the 1995 National Survey. DWI 0771. Executive Summary.  
<http://www.fwr.org/waterq/dwi0771.htm> (21. November 2007)

Gaille, P. (1999): Der Wasserverbrauch im Schweizer Haus. Messbericht über den Wasserkonsum und Abschätzung des Sparpotenzials. Umweltmaterialien Nr. 114. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern.

Gleick, P.H.; Cooley, H.; Katz, D.; Lee, E.; Morrison, J.; Palanlappan, M.; Sarnulon, A.; Wolff, G.H. (2006): The World's Water 2006-2007: The Biennial Report on Freshwater Resources (World's Water). Island Press. Washington DC.

Harding, E.C.; Anadu, A.K. (2000): Consumer response to public notification. *Journal of the American Water Works Association* 92(8). 32-41.

Höglund, L. (1999): Household demand for water in Sweden with implications of a potential tax on water use. *Water Resources Research* 35(12). 3853-3863.

Hudon, É.; Zayed, J.; Lainesse, P.; Loranger, S. (1991): Habitudes de consommation de l'eau potable au Québec et perception du risqué pour le consommateur. *Sciences et techniques de l'eau* 24(4). 357-362.

Hunter, P. (1993): A review: The microbiology of bottled natural mineral waters. *Journal of applied Bacteriology* 74. 345-353.

IFEN Institut Français de l'Environnement (2000): La préoccupation des français pour la qualité de l'eau. *Les Données de L'Environnement* 57. 1-4.

Jones, A.Q.; Dewey, C.E.; Doré, K.; Majowicz, S.E.; McEwen, S.A.; Waltner-Toews, D. (2006): Drinking water consumption patterns of residents in a Canadian community. *Journal of Water and Health* 4(1). 125-138.

Lalumandier, J.; Ayers, L. (2000): Fluoride and bacterial content of bottled water vs. tap water. *Archives of family medicine* 9(3). 246-250.

Larson, B.A.; Gnedenko, E.D. (1999): Avoiding health risks from drinking water in Moscow: an empirical analysis. *Environment and Development Economics* 4. 565-581.

Levallois, P.; Grondin, J.; Gingras, S. (1999): Evaluation of consumer attitudes on taste and tap water alternatives in Québec. *Water Science and Technology* 40(6). 135-139.

Lippuner, U.; Stenzel, G. (2000): Wasserversorgung - Wie weiter. Konzeptionelle Ansätze für den Praktiker. Sargans.

Long, M.; Kumler, M.; Gabel, S.; Wescoat Jr., J.L.; Luft, G. (1996): People and Water: An Information Challenge. *Water in balance* 6. 1-23. <http://cwrr.colostate.edu/pubs/balance/no.6/wib6.pdf>  
(26. November 2007)

- 
- Lyman, R.A. (1992): Peak and Off-Peak Residential Water Demand. *Water Resources Research* 28(9). 2159-2167.
- McGregor, D.G.; Slovic, P.; Morgan, G.M. (1994): Perception of risks from electromagnetic fields: a psychometric evaluation of a risk-communication approach. *Risk Analysis* 14. 815-828.
- McGuire, M.J. (1995): Off-Flavor as the consumer's measure of drinking water safety. *Water Science and Technology* 31(11). 1-8.
- Means, E.G.; Brueck, T.; Dixon, L.; Manning, A.; Miles, J.; Patrick, R. (2002): Drinking Water Quality in the New Millennium: The Risk of Underestimating Public Perception. *Journal of the American Water Works Association* 94(8). 28-33.
- Merkel, W.; Rauch, A.; Hamm, U. (2003): Kundenzufriedenheit in der Wasserversorgung. *Energie Wasser Praxis* 7/8. 32-38.
- Nauges, C.; Thomas, A. (2000): Privately Operated Water Utilities, Municipal Price Negotiation, and Estimation of Residential Water Demand: The Case of France. *Land Economics* 76(1). 68-85.
- Nieswiadomy, M.L. (1992): Estimating urban residential water demand: Effects of price structure, conservation, and education. *Water Resources Research* 28(3). 609-615.
- Nieswiadomy, M.L.; Molina, D.J. (1991): A note on price perception in water demand models. *Land Economics* 67(3). 352-359.
- Olson, E. (1999): Bottled Water: Pure Drink or Pure Hype? Executive Summary. Natural Resources Defense Council (NRDC). New York. <http://www.nrdc.org/water/drinking/bw/exesum.asp> (29. November 2007)
- Schleich, J.; Hillenbrand, T. (2007): Determinants of Residential Water Demand in Germany. Working Paper Sustainability and Innovation 3. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung. Karlsruhe. <http://www.isi.fraunhofer.de/publ/downloads/isi07a05/residential-water-demand-ingermany.pdf> (20. Juni 07)
- Schneider, M.L.; Whitlatch, E.E. (1991): User-specific water demand elasticities. *Journal of Water Resources Planning and Management* 117(1). 52-73.
- SVGW (2006): Argumentarium für Trinkwasser im Vergleich zu Mineralwasser.
- Turgeon, S.; Rodriguez, M.J.; Thériault, M.; Levallois, P. (2004): Perception of drinking water in the Quebec City Region (Canada): the influence of water quality and consumer location in the distribution system. *Journal of Environmental Management* 70. 363-373.
- VKCS Arbeitsgruppe des Verbandes der Kantonschemiker der Schweiz (2002): Trinkwasser / Grundwasser: Datenerfassung und -publikation, Erwartungen der Öffentlichkeit. [http://www.umweltschutz-sh.ch/NEU\\_06NOV02/Lebensmittel/Trinkwasser/Trinkwasser/Konzept%2014%2008%2003.pdf](http://www.umweltschutz-sh.ch/NEU_06NOV02/Lebensmittel/Trinkwasser/Trinkwasser/Konzept%2014%2008%2003.pdf) (21. November 2007)
- Vogel, S. (2006): Der Trinkwasserkonsum der Deutschweizer Bevölkerung und dessen Beeinflussung durch psychologisch wirksame Faktoren. Projektbeschreibung Eawag.



---

Williams, B.L.; Florez, Y.; Pettygrove, S. (2001): Inter- and intra-ethnic variation in water intake, contact, and source estimates among Tucson residents: Implications for exposure analysis. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 11. 510-521.

Willis, K.G.; Scarpa, R.; Acutt, M. (2005): Assessing water company customer preferences and willingness to pay for service improvements: A stated choice analysis. *Water Resources Research* 41(2). 1-11.

### **Persönliche Mitteilungen**

Mosler Hans-Joachim, Prof. Dr., Gespräch vom 14. November 2007 und 6. Februar 2008  
Eawag, Systemanalyse und Modellierung, Überlandstr. 133, 8600 Dübendorf

Vogel Soeren, Gespräch vom 9. Januar 2008  
Eawag, Systemanalyse und Modellierung, Überlandstr. 133, 8600 Dübendorf

von Gunten Urs, Prof. Dr., Gespräch vom 3. März 2008  
Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstr. 133, 8600 Dübendorf

---

# Infrastruktur und Organisation der Wasserversorgungen

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche Eawag: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz, Max Maurer

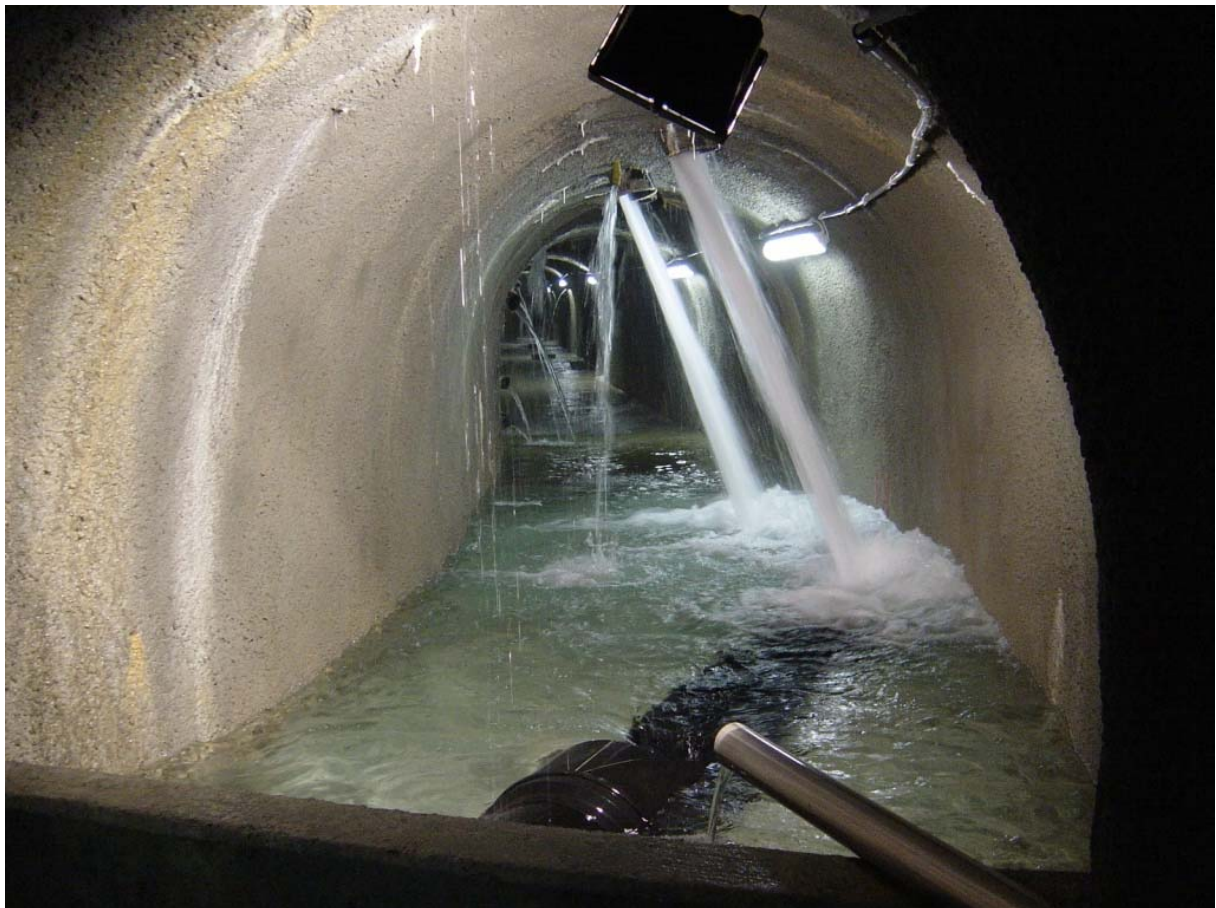


Bild: F. Berdat

---

## Zusammenfassung

Die schweizerische Wasserversorgung ist von einer kleinräumigen Struktur geprägt. Über 40% des abgegebenen Wassers stammt von Unternehmen mit weniger als 5000 angeschlossenen BezügerInnen. Über den Zustand und den zukünftigen Investitionsbedarf der Anlagen sind punktuell Informationen vorhanden, Schlussfolgerungen auf die gesamte Schweiz können aber mit den vorliegenden Informationen nicht gezogen werden. Von den befragten Fachleuten wird ein stark erhöhter Investitionsbedarf vor allem bei kleineren Versorgern erwartet. Ob diese durch anstehende Investitionen in finanzielle Engpässe geraten werden, ist schwierig abzuschätzen.

Die mittel- und langfristige Planung der Wasserversorgung ist in der Schweiz sehr uneinheitlich umgesetzt. Planungsvorgaben (GWP) sind in verschiedenen Kantonen vorhanden. Es ist jedoch schwierig, eine nationale Übersicht über allfällige Defizite, geplante Massnahmen und Finanzbedarf zu erhalten, da GWP nicht in allen Kantonen vorgeschrieben sind und deren Vergleichbarkeit nicht immer gegeben ist<sup>361</sup>.

Der Wasserversorgungsatlas fasst auf nationaler Ebene die verfügbare Infrastruktur zusammen und gibt Auskunft über die Trinkwasserversorgung in Notlagen. Die zugrundeliegenden Daten und deren Aktualität sind sehr uneinheitlich, so dass der Datentransfer und die weitere Nutzung/Auswertung der Daten ineffizient ist<sup>362</sup>. Der Wasserversorgungsatlas enthält keine Informationen über den Zustand und Alter der Anlagen und wurde nicht von allen Kantonen erstellt.

Siehe auch das Kapitel ‚Entwicklungstendenzen‘

---

<sup>361</sup> Da wesentliche Entscheidungen, z.B. Investitionen, die Tarifgestaltung oder Personalfragen, unabhängig von GWP getroffen werden, war man sich in der Begleitgruppe jedoch uneins darüber, ob eine vermehrte Planung mittels einheitlichen GWP dazu führen würde, dass Defizite, nötige Massnahmen und der Finanzbedarf besser erkannt werden.

<sup>362</sup> Zum Beispiel werden im Kt. ZH die Pläne zumeist auf Papier geliefert, die dann für den Wasserversorgungsatlas wieder digitalisiert werden.

---

# 1 Rechtliche Grundlagen

Auf Bundesebene ist die Wasserversorgung und damit verbundene Bereiche vor allem in der Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (BV; SR 101), im Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG; SR 814.20) und der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV; SR 814.201), im Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz, LMG; SR 817.0) und den ausführenden Verordnungen dazu sowie in der Verordnung vom 20. November 1991 über die Trinkwasserversorgung in Notlagen (VTN; SR 531.32) geregelt.

Die kantonalen Gesetzgebungen sind unterschiedlich detailliert. Die Bestimmungen sind oft in unterschiedlichen Gesetzen oder Verordnungen verankert. So gibt es in vielen Kantonen, wie z.B. Bern, Zürich oder St. Gallen Wasserversorgungs-, Wasserwirtschafts- oder Wassernutzungsgesetze<sup>363</sup>, welche die Verpflichtungen der Gemeinden und Wasserversorgungen genau beschreiben und den Kantonen die Kontrolle und Koordination über die Wasserversorgung zuweisen. In anderen sind die Bestimmungen bezüglich Wasserversorgung anders geregelt, so z. B. im Kanton Schaffhausen unter anderem in der Brandschutzverordnung<sup>364</sup>. Oft werden Details zur Versorgung mit Trinkwasser auch auf der Gemeindeebene mittels eines Wasserversorgungsreglementes geregelt.

## 1.1 Zuständigkeiten

### Bund

Der Bund legt in der Lebensmittelgesetzgebung die Anforderungen an die Trinkwasserqualität fest. Er ist verpflichtet, gesamtschweizerische Erhebungen über die Wasserqualität der ober- und unterirdischen Gewässer und die Trinkwasserversorgung durchzuführen. Er kann sich an der Entwicklung von Anlagen und Verfahren finanziell beteiligen, wenn diese dem allgemeinen Interesse des Gewässerschutzes dienen (Art. 57 GSchG).

Der Bund kann Finanzhilfe für die Ausbildung von Fachpersonal oder die Aufklärung der Bevölkerung leisten. Schliesslich kann er die Erstellung kantonalen Inventare über Wasserversorgungsanlagen und Grundwasservorkommen finanziell oder durch eigene Arbeiten unterstützen, wenn diese nach den Richtlinien des Bundes erstellt und die Gesuche vor dem 1. November 2010 eingereicht werden (Art. 64 GSchG).

---

<sup>363</sup> Luís-Manso, 2005

<sup>364</sup> Seiler, Kanton Schaffhausen

---

## Kantone

Artikel 76 Absatz 4 der Bundesverfassung gibt den Kantonen das Recht, über die Wasservorkommen zu verfügen und für die Wassernutzung Abgaben zu erheben. Sie sind zuständig dafür, dass Grundwasservorkommen langfristig nicht übernutzt werden (Art. 43 GSchG). Hierfür sind sie verpflichtet, die Nutzung der Grundwasservorkommen aufeinander abzustimmen (Art. 46 Abs. 2 GSchV). Die Kantone müssen Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzareale ausscheiden und entsprechende Eigentumsbeschränkungen festlegen (Art. 20 und 21 GSchG).

Die Kantone sind verpflichtet, ein Inventar über die Wasserversorgungsanlagen und Grundwasservorkommen auf ihrem Gebiet zu erstellen (Art. 58 GSchG). Weiter sorgen sie für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Notlagen. Sie legen die Gemeinden fest, welche für bestimmte Versorgungsgebiete die Trinkwasserversorgung in Notlagen sicherstellen müssen (Art. 5 VTN). Die Kantone erstellen zudem Inventare über Wasserversorgungsanlagen, Grundwasservorkommen und Quellen, welche sich für die Trinkwasserversorgung in Notlagen eignen und führen diese nach (Art. 8 VTN). Die Kantone vollziehen die VTN und informieren das BAFU regelmässig über den Stand der Arbeiten (Art. 18 VTN).

Wo ein kantonales Gesetz bezüglich der Wasserversorgung besteht, wird darin in der Regel festgeschrieben, dass die Trinkwasserversorgung den Gemeinden übertragen wird.

## Gemeinden

Die Gemeinden sind in der Regel für die Wasserversorgung zuständig, können diese jedoch an Dritte weitergeben. Wo ein kantonales Wasserversorgungsgesetz besteht, wird darin den Gemeinden meist die Aufsicht über die Wasserversorger übertragen, soweit diese Aufgabe nicht durch den Kanton übernommen wird.

## Wasserversorger

Die Inhaber der Wasserversorgungsanlagen müssen einen Plan für die Massnahmen zur Sicherstellung der Trinkwasserordnung in Notlagen erstellen (Art. 11 VTN) und sorgen für die Sicherung der Mindestmenge sowie dafür, dass das Wasser möglichst dezentral und aus Quellen gewonnen wird (Art. 16 VTN).

## 1.2 Kantonale Gesetzgebung

Die kantonale Gesetzgebung bezüglich des Trinkwassers ist sehr heterogen. Somit konnte im Rahmen dieser Vorstudie kein detaillierter Überblick über die rechtliche Situation bezüglich der Wasserversorgung in den Kantonen gewonnen werden. Im Folgenden werden deshalb beispielhaft die Bestimmungen in verschiedenen Kantonen kurz zusammengefasst.

---

Im Wasserversorgungsgesetz des Kantons Bern vom 11. November 1996 ist festgeschrieben, dass die Wasserversorgungen finanziell selbsttragend wirtschaften müssen. Die Wasserversorgungen werden verpflichtet, ein Reglement zu erlassen und ein Generelles Wasserversorgungsprojekt (GWP) zu erstellen. Weiter besteht das Gebot, dass wo es sinnvoll und wirtschaftlich geboten ist, mit anderen Wasserversorgungen zusammenzuarbeiten ist. Die Berner Wasserversorger müssen unter anderem durch systematische Leckortungen und Beheben der Lecks für einen sparsamen Wasserverbrauch sorgen.

Auch in Zürich ist die haushälterische Nutzung von Trinkwasser im kantonalen Wasserwirtschaftsgesetz vom 2. Juni 1991 festgeschrieben. Im Gegensatz zum Kanton Bern sind in Zürich die Gemeinden und nicht die Wasserversorger verpflichtet, ein Reglement über die Wasserversorgung sowie ein GWP zu erlassen. Auch sind die Zürcher Gemeinden verpflichtet, die Aufsicht über private Wasserversorgungsunternehmen auszuüben. Der Kanton Zürich hat die Aufgabe, Wasserversorgungsanlagen von regionaler und überregionaler Bedeutung zu fördern, die Gemeinden und Wasserversorger zu beraten sowie Untersuchungen über die Wasserbeschaffung durchzuführen.

Ebenfalls detailliert geregelt ist die Wasserversorgung im Kanton Waadt. Im *loi sur la distribution de l'eau* vom 30. November 1964 werden die Wasserversorgungen in Zusammenarbeit mit den Gemeinden zuständig erklärt für die Ausarbeitung eines Wasserversorgungsprojektes (plan directeur de la distribution de l'eau). Die Gemeinde ist zudem verantwortlich für die Errichtung und Instandhaltung der Infrastruktur. Ausserdem ist geregelt, dass der Wasserversorger in Schadfällen haftpflichtig ist.

Im Kanton Appenzell Innerrhoden existiert ein Fonds für die Unterstützung der Wasserversorgungen. Der Fonds bezweckt, die Wasserversorger beim Bau, Betrieb und Unterhalt der Infrastrukturanlagen zu unterstützen. Gelder werden nur gesprochen, wenn mit den betreffenden Projekten die Versorgungssicherheit für Trinkwasser verbessert wird.

## 2 Die Struktur der Wasserversorgungen

In der Schweiz gibt es geschätzte 3000 Wasserversorgungen<sup>365</sup>. Das meiste Wasser wird in Wasserversorgungen mit 500-5000 angeschlossenen Bezüchern sowie in Wasserversorgungen mit mehr als 100'000 Bezüchern abgegeben (siehe Abb.1).

---

<sup>365</sup> [www.trinkwasser.ch](http://www.trinkwasser.ch)

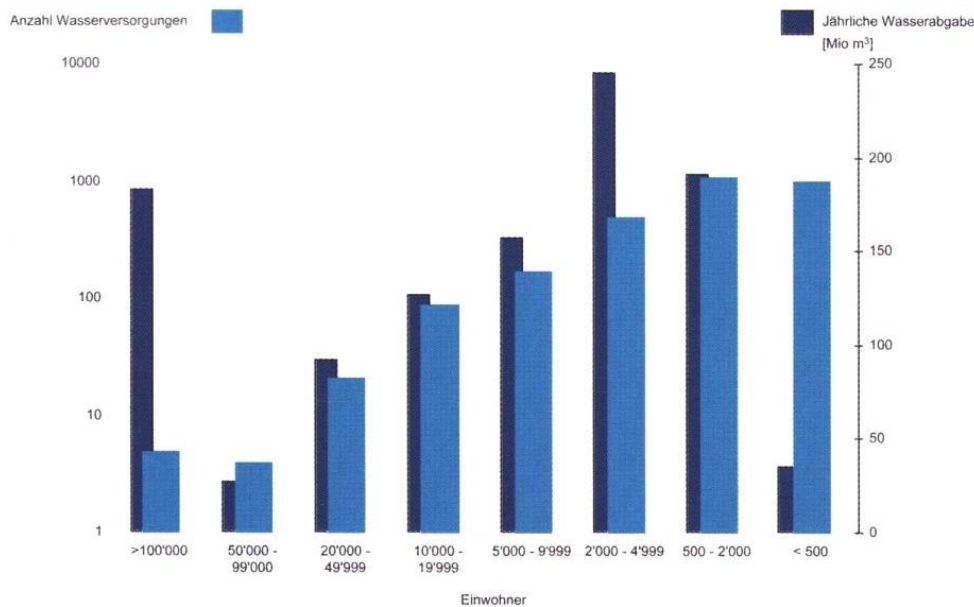


Abb. 1: Wasserabgabe der Wasserversorgungen in Abhängigkeit deren Grösse<sup>366</sup>.

Die Länge des Leitungsnetzes der Wasserversorgungen in der Schweiz beträgt etwa 54'600 km<sup>367</sup>. Diese Zahl stammt aus einer Hochrechnung des SVGW von 2005. Die Hochrechnung basiert auf 272 Mitgliedern des SVGW, welche bei den statistischen Erhebungen mitgemacht haben. Mit diesen Wasserversorgungen wurden 53% der Bevölkerung erfasst.

Im 2005 wurden 594.4 Mio. CHF in Wasserversorgungsanlagen investiert<sup>368</sup>. Der Wiederbeschaffungswert der Anlagen wird auf 40 Mrd. CHF geschätzt<sup>369</sup>. Somit betrug im 2005 der durchschnittliche Reinvestitionsbetrag rund 1.5 % des Wiederbeschaffungswertes. Da bei den Mitgliedern des SVGW kleinere Wasserversorgungen untervertreten sind, muss davon ausgegangen werden, dass der Reinvestitionsbetrag eher zu optimistisch geschätzt ist.

## 2.1 Trägerschaften in der Wasserversorgung

Die Wasserversorgungen haben unterschiedliche Trägerschaften. Den grössten Anteil machen un-selbständige öffentlich-rechtliche Anstalten aus. Oft gibt es auch Genossenschaften oder selbständig öffentlich-rechtliche Anstalten (Bsp. SIG Genève). Einige öffentliche Wasserversorger haben sich in den letzten Jahren in Aktiengesellschaften umgewandelt (Bsp. Energie Wasser Luzern AG). Selten sind private Aktiengesellschaften, wie die Wasserwerke Zug AG.

Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Rechtsformen wurden in den letzten Jahren viel diskutiert. Nach welchen Parametern diese Trägerschaften beurteilt und verglichen werden sollen, ist weitge-

<sup>366</sup> Quelle: GWA 9/2006

<sup>367</sup> Die Hochrechnung erfolgte aufgeschlüsselt nach Grössenklassen der Wasserversorgungen.

<sup>368</sup> Hochrechnung SVGW (2006), aufgeschlüsselt nach Grössenklassen der Wasserversorgungen.

<sup>369</sup> Kamm, SVGW

hend eine offene Frage. Ebenfalls fehlen Indices, die den Zustand der Infrastruktur und somit die Effizienz der Investitionen charakterisieren.

Gemäss SVGW wird die Leistung einer Wasserversorgung mit den folgenden Faktoren bewertet: Trinkwasserqualität, Versorgungssicherheit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit. Diese Reihenfolge widerspiegelt die Prioritäten des SVGW, respektive der Wasserversorger. Die entsprechenden Kennzahlen sind zwar einfach zu berechnen aber zwischen unterschiedlichsten Wasserversorgungen nur schwierig zu vergleichen. Es gibt keine Benchmarking Programme, welche sich bisher in der Schweiz durchgesetzt haben<sup>370</sup>.

### 3 Datenlage bezüglich Infrastruktur

Bemerkung: Alle in den folgenden Kapiteln gemachten Aussagen beruhen auf Stichproben und Informationen einzelner, von uns angefragten Fachpersonen (siehe dazu auch das Kapitel ‚Referenzen und Quellen‘). Den Aussagen liegt keine repräsentative Umfrage zugrunde!

#### 3.1 Der Zustand und Investitionsbedarf in der Wasserversorgung

Daten auf der Ebene Wasserversorgung/ Gemeinde

*Wasserversorgung durch die Gemeinde:* Ab ca. 5000 Einwohnern ist meist eine Person hauptamtlich mit der Wasserversorgung betraut<sup>371</sup>. Bei kleineren Wasserversorgungen gibt es meist einen Brunnenmeister, der sich nebenamtlich um die Wasserversorgung kümmert. Leitungspläne, ob in elektronischer oder noch in Form von gezeichneten Plänen, existieren fast überall. Das Alter und der Zustand der Infrastruktur jedoch, sind je nach Grösse und Trägerschaft der Wasserversorgung selten festgehalten<sup>372</sup>. Das Wissen hängt bei kleineren Wasserversorgungen<sup>373</sup> oft an einzelnen Personen und geht verloren, sobald es einen Wechsel gibt<sup>374</sup>. Gemeinden oder Wasserversorgungen führen ihre Pläne in einem CAD oder einem GIS nach oder vergeben diese Arbeiten an ein Ingenieurbüro. Nur noch ganz selten werden Daten in nicht-elektronischer Form geführt. Erfolgt die Datenverwaltung in einem GIS, sind oft Angaben zum Alter, aber selten Angaben zum Zustand der Anlagen vorhanden<sup>375</sup>.

*Wasserversorgung nicht durch die Gemeinde:* Die Gemeinde hat die Aufgabe, den Wasserversorger zu kontrollieren soweit diese Aufgabe nicht durch den Kanton übernommen wird. Meist wird dazu in einem Wasserversorgungsreglement festgelegt, welche Daten die Wasserversorgung der Gemeinde bekannt gibt.

<sup>370</sup> Lippuner, Aqualog

<sup>371</sup> Kamm, SVGW

<sup>372</sup> Lippuner, Aqualog; Kamm, SVGW

<sup>373</sup> <10'000 Einwohner

<sup>374</sup> Lippuner, Aqualog

<sup>375</sup> Berdat, ehemals WWA Bern



---

## Daten auf Kantonsebene

### 1. Wasserversorgungsatlas

Der Wasserversorgungsatlas enthält zentrale Daten zu den Anlagen der Wasserversorgung. Darin enthalten sind Angaben zum Leitungsnetz (inkl. Durchmesser der Leitungen), den Grundwasserleitern (inkl. Mächtigkeit und Durchlässigkeit), den Grundwasserfassungen, den Reservoirs (mit Angabe des Inhalts), Pumpwerken und Quellen. Nicht enthalten sind Informationen über den Zustand der Anlagen sowie den Investitionsbedarf.

Die Kantone sind aufgrund der Gewährleistung der Trinkwasserversorgung in Notlagen verpflichtet, den Wasserversorgungsatlas zu erstellen. Für das Erstellen des Atlas haben die Kantone Anrecht auf Subventionen, nicht jedoch für dessen Nachführung. Dies hat zur Folge, dass die Daten in den Kantonen auf einem sehr unterschiedlichen Stand sind. In einigen Kantonen wird der Wasserversorgungsatlas regelmässig nachgeführt, in anderen gab es seit 20 Jahren keine Nachführung mehr<sup>376</sup>. Eine Reihe von Kantonen hat noch keinen Atlas erstellt. Die Verwendung des Wasserversorgungsatlas ist sehr unterschiedlich: Oft werden die Daten nur für die Trinkwasserversorgung in Notlagen benutzt. In St. Gallen und Bern nutzt auch die Gebäudeversicherung den Wasserversorgungsatlas<sup>377</sup>. In den meisten Fällen ist die Datengrundlage für den Wasserversorgungsatlas ein GIS<sup>378</sup>.

### 2. Generelle Wasserversorgungsprojekte (GWP)

Generelle Wasserversorgungsprojekte sind in verschiedenen Kantonen (z.B. Bern, Zürich, Waadt, Thurgau) gesetzlich vorgeschrieben. Es scheint keinen Trend in Richtung nationale GWP-Pflicht zu geben<sup>379</sup>, jedoch werden vielerorts GWP freiwillig erstellt oder aufgrund von Subventionen, welche den Gemeinden zugesprochen werden, wenn diese ihre Investitionen mittels eines GWP planen<sup>380</sup>. Wenn GWP vom Kanton vorgeschrieben sind, bestehen bei den Kantonen zentral Informationen über den Zustand der Anlagen, Instandhaltungsmassnahmen, deren Umsetzung und den Finanzbedarf. Dies bietet den kantonalen Behörden die Möglichkeit zur Kontrolle und Koordination der Wasserversorgungen. Inhaltliche Vorgaben für GWP fördern deren Vergleichbarkeit und erleichtern dem Kanton die Arbeit. In den Kantonen sind die Inhalte eines GWP aber nicht überall streng vorgegeben<sup>381</sup>.

---

<sup>376</sup> Schär, BAFU

<sup>377</sup> Anderhub, Anderhub Kartographie

<sup>378</sup> Anderhub, Anderhub Kartographie

<sup>379</sup> Lippuner, Aqualog

<sup>380</sup> Seiler, Kanton Schaffhausen

<sup>381</sup> Bsp. Kt. Zürich

### 3. Kantonale Richtpläne

Auch in kantonalen Richtplänen sind die bestehenden Leitungen, Reservoirs, etc. sowie projektierte Leitungen ersichtlich<sup>382</sup>.

#### Daten auf Bundesebene

Das BAFU verfügt über die Wasserversorgungsatlanten der Kantone. Das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) wird über die Richtplanung der Kantone informiert. Auf Bundesebene bestehen Daten zur Trinkwasserversorgung in Notlagen in Form der Wasserversorgungsatlanten, jedoch keine Daten zum Zustand und Investitionsbedarf der Wasserinfrastruktur im Allgemeinen.

## 3.2 Finanzielle Situation der Wasserversorger

#### Daten auf der Ebene Wasserversorgung/ Gemeinde

Die Wasserversorger verfügen oft nur über eine Finanzbuchhaltung<sup>383</sup>. Eine Anlagenbuchhaltung wird bei grösseren Wasserversorgern geführt<sup>384</sup> oder wenn es für die Erstellung eines GWP nötig ist. Gemeinden, welche sich selber um die Wasserversorgung kümmern, können die Wasserversorgung als Teil des Gesamtbudgets oder gesondert abwickeln. In vielen Kantonen ist es vorgeschrieben, dass die Wasserversorgungen selbsttragend wirtschaften müssen (z.B. Luzern, Thurgau, Zürich). Wenn die Gemeinde die Wasserversorgung extern vergeben oder ausgegliedert hat, muss sie die Wasserversorgung kontrollieren. Wie sie dies tut, und ob sie dazu auch Daten zur finanziellen Situation der Wasserversorgungen verlangt, ist unterschiedlich und wird meist in einem Wasserversorgungsreglement festgelegt.

#### Daten auf kantonaler Ebene

Beim Kanton sind Informationen zur finanziellen Situation, welche über eine reine Finanzbuchhaltung der Gemeinden hinausgehen, nur in den seltensten Fällen vorhanden. Auch wenn GWP vorgeschrieben sind, heisst das nicht immer, dass auch eine Anlagenbuchhaltung vorliegt (im Kt. Thurgau beispielsweise müssen im GWP nicht zwingend finanzielle Angaben enthalten sein<sup>385</sup>). Auch bezüglich der Kostenstruktur der einzelnen Wasserversorgungen oder Gemeinden sind auf kantonaler Ebene meist keine Angaben vorhanden.

---

<sup>382</sup> Ruckstuhl, AWEL

<sup>383</sup> Kamm, SVGW

<sup>384</sup> Bürge, AWEL

<sup>385</sup> Verordnung des Regierungsrates des Kt. Thurgau zum Wassernutzungsgesetz vom 7. Dezember 1999

#### Daten auf Bundesebene

Auf Bundesebene bestehen keine Daten bezüglich der finanziellen Situation der Trinkwasserversorgungen.

#### Daten beim SVGW

Es sind Daten bezüglich der finanziellen Situation der meisten mittleren und aller grossen Wasserversorgungen<sup>386</sup> vorhanden. Die finanzielle Situation der mittleren und grossen Wasserversorgungen ist gemäss SVGW gut, da die Netze grösstenteils kontinuierlich erneuert wurden.

### 3.3 Langfristige Infrastrukturplanung

#### Auf Gemeindeebene

In Kantonen, in welchen GWP gesetzlich vorgeschrieben sind (z.B. Bern, Zürich, Waadt, Thurgau), sind diese das wichtigste Planungsinstrument. GWP können jedoch auch auf freiwilliger Basis erstellt werden. Meist sind die Motivationen dafür stark veraltete Anlagen, die Qualitätssicherung oder Neuer-schliessungen von Bauzonen in der Gemeinde<sup>387</sup>. Es ist nahezu das einzige Planungsinstrument für die Wasserversorger. Vor allem mittlere und grosse Wasserversorgungen initiieren GWP. Kleinere Wasserversorgungen oder Gemeinden<sup>388</sup> begnügen sich oft mit Erneuerungsplanungen<sup>389</sup>.

#### Auf kantonaler Ebene

Der Wasserversorgungsatlas und die regionalen und kantonalen Richt- und Massnahmenpläne sind auf kantonaler Ebene die wichtigsten Planungsinstrumente. Obwohl gesetzlich vorgeschrieben, wurde der Wasserversorgungsatlas nicht von allen Kantonen erstellt.

In Kantonen mit GWP-Pflicht, kann der Kanton durch die Stellungnahme zu den GWP der Gemeinden auf die Infrastrukturplanung der Wasserversorgungen Einfluss nehmen. Wie stark er dies tun kann, hängt vor allem von den personellen Ressourcen und den Subventionsmöglichkeiten des Kantons ab.

*Fonds für die Instandhaltung der Infrastruktur:* Vor allem Genossenschaften und kleinere Wasserversorgungen tendieren dazu, den Wasserpreis möglichst tief zu halten. Führungs- und Management-funktionen werden dabei meist im Milizsystem erledigt und Investitionen werden erst getätigt, wenn die Anlagen versagen<sup>390</sup>. Um die dabei anfallenden Investitionsspitzen zu entschärfen gibt es in verschie-

<sup>386</sup> mittel: 10'000-50'000 Einwohner, gross: > 50'000 Einwohner

<sup>387</sup> Lippuner, Aqualog

<sup>388</sup> <10'000 Einwohner

<sup>389</sup> Lippuner, Aqualog

<sup>390</sup> Lippuner, Aqualog

---

denen Kantonen (z.B. Bern, Appenzell i.Rh.) einen Fonds für die Instandhaltung der Wasserversorgungsinfrastruktur. Oft sind an die Auszahlung von Geldern bestimmte Bedingungen geknüpft.

Auf Bundesebene

Der Bund wird über die Richtplanung der Kantone informiert und er erhält die von den Kantonen erstellten Wasserversorgungsatlantent.

### 3.4 Informationsfluss zwischen Betrieben, Gemeinden, Kantonen und Bund

Gemeinden

Die Gemeinden erstellen oft ein Wasserversorgungsreglement, welches Informationen über die Trinkwasserversorgung in Notlagen enthält. Die Betriebe oder Gemeinden erstellen einen Plan für die Trinkwasserversorgung in Notlagen, den sie dem Kanton zustellen. Diese Pläne der Gemeinden und Betriebe basieren grösstenteils auf einem CAD, seltener auf einem GIS<sup>391</sup>.

Kantone

Im Gegensatz dazu basieren die Wasserversorgungsatlantent meist auf einem GIS<sup>392</sup>. Die Daten für die Erstellung des Wasserversorgungsatlas mit den für die Trinkwasserversorgung in Notlagen relevanten Anlagen müssen demnach vom Kanton erst aufbereitet werden, bevor sie verwendet werden können.

Die Koordinationspflicht der Kantone wird sehr unterschiedlich wahrgenommen. Es gibt nur wenige Ämter, welche sich planerischen und finanziellen Aspekten der Infrastruktur widmen. Personal und Instrumente sind z. T. nicht vorhanden.

Bund

Der Bund hat keinen Koordinationsauftrag bezüglich der Wasserversorgung. Er sollte von Zeit zu Zeit von den Kantonen über die Trinkwasserversorgung in Notlagen informiert werden.

Vereinheitlichung der Daten

Damit Daten auf den verschiedenen Ebenen nutzbar sind, sollten sie in einer einheitlichen oder gut ineinander überführbaren Form vorhanden sein. Dies ist im Moment noch nicht der Fall. Eine Harmonisierung von GIS-Daten ist jedoch im Gange. Es gibt einen Datenstandard vom SVGW, welcher auf der SIA Norm 405 für Geoinformationen zu unterirdischen Leitungen und Interlis beruht. Daneben

---

<sup>391</sup> Ruckstuhl, AWEL

<sup>392</sup> Anderhub, Anderhub Kartographie

---

kommt im Kanton Bern das auf diesem Standard des SVGW aufbauende Datenmodell Réseau zur Anwendung, welches zusätzlich regionale und kantonale Planungen erlaubt<sup>393</sup>.

## 4 Entwicklungstendenzen

- Es konnten keine Treiber gefunden werden, die in Zukunft zu starken Veränderungen der Struktur der Wasserversorgung in der Schweiz führen würden (eine Ausnahme könnte der Klimawandel bilden, siehe hierzu das Kapitel Quantität). Eine starke organisatorische Regionalisierung und eine Reduktion der Anzahl Wasserversorgungen (Trägerschaften) sind deshalb in Zukunft wenig wahrscheinlich.
- Die befragten Fachleute deuten auf einen konstanten Trend zur Vernetzung der Wasserversorgungen und somit auf eine verbesserte Versorgungssicherheit hin. Inwiefern dies ein gesamtschweizerisches Phänomen ist und wie gross der Vernetzungsgrad ist, ist auf Bundesebene nicht bekannt.
- Über den Zustand und den zukünftigen Investitionsbedarf ist wenig bekannt. Die Daten des SVGW deuten darauf hin, dass zumindest die grösseren Betriebe Unterhaltsprogramme besitzen und reinvestieren. Inwieweit diese Aussagen auf die nicht vom SVGW erfassten 90% der Betriebe übertragen werden können, ist weitgehend unbekannt. Die von uns angefragten Fachleute erwarten vor allem bei kleineren Wasserversorgungen und Genossenschaften in naher Zukunft einen stark erhöhten Investitionsbedarf, da diese ihre Investitionen bisher vernachlässigten<sup>394</sup>.
- Die generelle langfristige Planung der Infrastruktur wird in der Schweiz sehr unterschiedlich gehandhabt, abhängig von den kantonalen Vorgaben und den betriebeigenen Initiativen. Hier zeichnet sich ohne weitergehende Interventionen keine Änderung der Situation ab.
- Kennzahlenprojekte und Benchmarkingprojekte scheinen sich ohne überregionale Koordination ebenfalls nicht durchzusetzen. Die Vergleichbarkeit der Wasserversorgungen und deren Leistungen wird damit in Zukunft weiterhin nicht möglich sein.
- Die Koordination der Wasserversorgung ist im Moment vor allem die Aufgabe der Kantone. Verfügen diese nicht über genügend fachliche und personelle Ressourcen, können sie diese Aufgabe nur ungenügend wahrnehmen.
- Im Bereich standardisierte Datenmodelle für die Infrastruktur könnten im Zusammenhang mit dem Wasserversorgungsatlas und dem neuen Geo-Informationsgesetz noch substanzielle Aufwendungen für Datenerhebung und –konvertierung für die Betriebe anfallen. Die Standardisierung hätte auch positive Auswirkungen auf die Erstellung und Aktualisierung der Wasserversorgungsatlanten.

---

<sup>393</sup> BUWAL, 2001

<sup>394</sup> Bürge, AWEL; Lippuner, Aqualog

---

## 5 Referenzen und Quellen

BUWAL (2001): Reseau - Das Informationssystem für die Wasserversorgung im Kanton Bern.  
Schriftenreihe Umwelt Nr. 336.

Luís-Manso, P. (2005): Water Institutions and Management in Switzerland, MIR-REPORT-2005-001.  
<http://infoscience.epfl.ch/search.py?recid=53568> (8.5.07)

SVGW (2006): Wasserstatistik 2005 - Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz.

### Persönliche Mitteilungen

Anderhub Alex, telefonische Auskunft vom 17. April 2007  
Anderhub Kartographie AG, Feldhaus 9, 6274 Eschenbach

Berdats Francis, Dipl. Ing. ETH, Gespräch am 3. Mai 2007  
ehemals WWA Bern, Dorf 37, 3053 Diemerswil

Bürge Norbert, Dipl. Ing. FH, Sektionsleiter Planung und Support, Gespräch am 3. Mai 2007  
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kt. Zürich, Walcheplatz 2, 8090 Zürich

Kamm Urs, Dipl. Ing. ETH, Vizedirektor des SVGW, Gespräch am 12. April  
SVGW, Grütlistrasse 44, 8002 Zürich

Lippuner Uli, Dipl. Ing. FH, telefonische Auskunft vom 7. Mai 2007  
aqualog AG, Ringstrasse 14, 7000 Chur

Ruckstuhl Paul, Dipl. Ing. ETH, Gespräch am 3. Mai 2007  
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kt. Zürich, Walcheplatz 2, 8090 Zürich

Schär Peter, Dipl. Geograph, GIS-Spezialist, telefonische Auskunft vom 10. April 2007  
BAFU Sektion Oberflächengewässer Qualität, Papiermühlestrasse 172, 3063 Ittigen

Seiler Kurt, Dr. sc. nat., telefonische Auskunft vom 19. März 2008  
Amt für Lebensmittelkontrolle und Umweltschutz des Kanton Schaffhausen  
Mühlentalstrasse 184, 8201 Schaffhausen

---

# Neue Technologien in der Aufbereitung und Analytik

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche Eawag: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz, Urs von Gunten, Wouter Pronk



Bild: U. von Gunten

---

## Zusammenfassung

Dieses Kapitel befasst sich mit neuen Technologien, welche einen Einfluss auf die Wasserversorgung in der Schweiz haben könnten. Es wird ein Überblick über Aufbereitungstechnologien, neue Methoden der Analytik und Überwachung sowie über Wasser sparende Technologien und Möglichkeiten der dezentralen Aufbereitung gegeben.

Membranverfahren, insbesondere die Ultrafiltration, können in der Schweiz für verschiedenste Wasserversorger interessant sein. Obwohl verschiedene weitergehende Oxidationsverfahren bestehen und zum Teil auch angewandt werden, sind keine Treiber auszumachen, welche zu einer breiten Anwendung dieser Verfahren in der schweizerischen Trinkwasserversorgung führen würden. Es ist gut möglich, dass sich Entwicklungen in der Nanotechnologie auch auf die Trinkwasseraufbereitung in der Schweiz auswirken werden.

Neue Messmethoden führen dazu, dass immer mehr Chemikalien in geringeren Konzentrationen nachgewiesen werden. Zudem erlauben neue molekulare Methoden den direkten Nachweis einzelner pathogener Spezies oder Organismengruppen. Neue Trinkwasserparameter, welche über die im Gesetz vorgeschriebenen hinausgehen, wie die Gesamtzellzahl oder der assimilierbare organische Kohlenstoff (AOC), können zusätzliche Informationen liefern, um die Prozesse in der Aufbereitung und im Verteilnetz zu optimieren.

Siehe auch das Abschnitt 4 ‚Entwicklungstendenzen‘.



# 1 Aufbereitungsverfahren

Nach den bewährten, in der Schweiz angewandten Aufbereitungsverfahren, werden für die verschiedenen Kategorien der Verfahren (Filtrationsverfahren, Adsorptionsverfahren, etc.) Weiterentwicklungen und neue Methoden genannt und erläutert.

## 1.1 Filtrationsverfahren

### Langsandsandfiltration

Die Langsandsandfiltration ist das älteste Aufbereitungsverfahren. Es dient vor allem der Partikelentfernung, der Reduzierung des assimilierbaren organischen Kohlenstoffs sowie der Entfernung pathogener Organismen. Das Verfahren ist einfach aufgebaut und bedingt keinen komplizierten Unterhalt, weist jedoch einen grossen Flächenbedarf auf.

### Schnellfiltration

Die Schnellfiltration dient der Partikelentfernung zur Vorreinigung von stark mit Partikeln belastetem Rohwasser und kann auch eine gewisse biologische Aktivität haben. Es kommt nicht als alleiniges Aufbereitungsverfahren zur Anwendung.

### Membranfiltration

Mit der Membranfiltration können Partikel und gelöste Stoffe entfernt werden. Anhand der Porengrösse und den dadurch abtrennbaren Molekularmassen (Molecular Weight Cut Off MWCO) wird in Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration und Umkehrosiose unterschieden (Tab. 3).

Verfahren	Porengrösse	Molekülmasse
Mikrofiltration	>0,05 µm	>500'000 Da
Ultrafiltration	0,002 - 0,05 µm	1000 – 500'000 Da
Nanofiltration	0,001 - 0,002 µm	100 - 1000 Da
Umkehrosiose	<0,001 µm	<100 Da

Tab. 3: Porengrössen und abtrennbare Molekularmassen [Dalton] der verschiedenen Membranverfahren

Membranverfahren haben sich im letzten Jahrzehnt sehr stark entwickelt, so dass heute bei einem Ausbau- oder Neubauprojekt im Trinkwasserbereich Membranverfahren zu erwägen sind<sup>395</sup> und auch häufig eingesetzt werden<sup>396</sup>. Membranverfahren werden in der Schweiz oft eingesetzt wenn eine hygienische Gefährdung durch das Rohwasser besteht<sup>397</sup>, in vielen Fällen werden sie aber auch aus Kostengründen eingeführt<sup>398</sup> (siehe Abb. 7). Membranverfahren sind zudem Raum sparender als Sandfilteranlagen, was sich durch den in der Schweiz hohen Landnutzungsdruck und folglich hohen Landpreisen ebenfalls auf die Kosten auswirkt<sup>399</sup>.

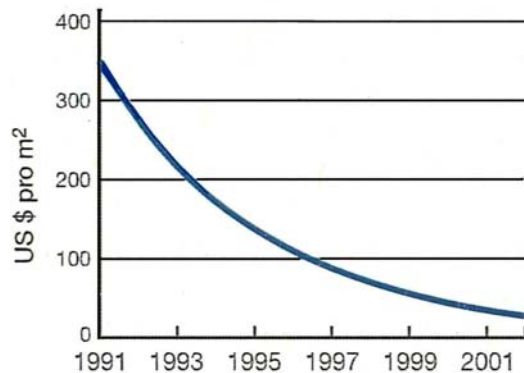


Abb. 7: Preisentwicklung bei Ultrafiltrationsmembranen<sup>400</sup>.

#### *Mikro- und Ultrafiltration:*

Von den Membranfiltrationsverfahren wird die Ultrafiltration im Moment für den Trinkwasserbereich als meist geeignet betrachtet<sup>401</sup>. Die Anwendungsbereiche liegen vor allem bei Karstquellen, wo eine schwankende Rohwasserqualität eine Gefährdung darstellen kann<sup>402</sup>. Der zweite Anwendungsbereich liegt bei Seewasserwerken, welche erneuert werden müssen oder neu erstellt werden<sup>403</sup>.

Wenn organische Spurenstoffe ebenfalls entfernt werden sollen, kann die Ultrafiltration mit Pulveraktivkohle (PAK) kombiniert werden<sup>404</sup>. Nach der Adsorption der Spurenstoffe an die Pulveraktivkohle wird die PAK mit den Spurenstoffen bei der Ultrafiltration abgetrennt (Abb. 8).

Die Ultrafiltration kann auch Viren in beträchtlichen Massen eliminieren<sup>405</sup>.

<sup>395</sup> Boller et al. 2005

<sup>396</sup> von Gunten, Eawag

<sup>397</sup> von Gunten, Eawag

<sup>398</sup> Pronk, Eawag

<sup>399</sup> Pronk, Eawag

<sup>400</sup> aus: Gimbel 2003

<sup>401</sup> Pronk, Eawag; Boller et al. 2005

<sup>402</sup> Pronk, Eawag

<sup>403</sup> Pronk, Eawag

<sup>404</sup> von Gunten 2005

<sup>405</sup> Botzenhart 2001

Karst- und Kluftgrundwasser: Karstquellen weisen starke Schwankungen bezüglich der Qualität und der Schüttung auf<sup>406</sup>. Die Aufbereitung muss dem Rechnung tragen. Hintereinander geschaltete Verfahren (Multibarrierensystem), beispielsweise Flockung, Filtration, Ozonung, Aktivkohlefiltration und Netzschutz, sind eine gängige Methode der Aufbereitung von Karstwasser<sup>407</sup>. Diese Aufbereitung stellt an den Betreiber jedoch hohe fachliche Anforderungen<sup>408</sup>.

Die Ultrafiltration von Karstwasser kann die komplexen Verfahrensketten ersetzen und die hygienische Gefährdung senken<sup>409</sup>. Sie kann Keime gänzlich entfernen und gewährleistet so eine einwandfreie Entkeimung<sup>410</sup>. Da die Ultrafiltration ein einfaches, kompaktes Verfahren ist, welches zudem wenig Wartung bedingt, kann es auch für kleine Wasserversorgungen empfohlen werden<sup>411</sup>. Eine Kombination mit Pulveraktivkohle (Abb. 8) erlaubt eine gute Leistung der Membran auch bei starken Belastungen des Rohwassers<sup>412</sup>. In Gebirgsregionen besteht zudem die Möglichkeit, das Gefälle zur Druckerzeugung für die Filtration auszunutzen und so den Energieverbrauch stark zu verringern<sup>413</sup>.

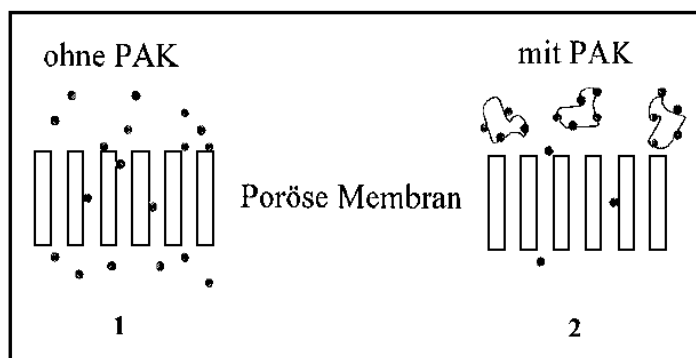


Abb. 8: Die Kombination von Pulveraktivkohle (PAK) mit Ultrafiltration (Crystal®process)<sup>414</sup>

Die Mikrofiltration dient der Entfernung von Bakterien, Algen und Kolloiden<sup>415</sup>. Im Gegensatz zur Ultrafiltration wies die Mikrofiltration bei Pilotversuchen zur Aufbereitung von Karstwasser einige Nachteile auf. Schon bei relativ geringer Trübung wurde der Durchfluss durch die Membran stark reduziert<sup>416</sup>. Auch zeigte sich, dass trotz chemischer Reinigung und häufigen Rückspülungen die Permeabilität irreversibel abnahm.

<sup>406</sup> Pianta & Boller 2001

<sup>407</sup> Pianta & Boller 2001

<sup>408</sup> Herb 2002, Klahre 2004

<sup>409</sup> Pianta & Boller 2001

<sup>410</sup> Pianta & Boller 2001

<sup>411</sup> Herb & Krause 2003

<sup>412</sup> Pianta & Boller 2001

<sup>413</sup> Klahre 2004

<sup>414</sup> aus: von Gunten 2005

<sup>415</sup> von Rohr 2006

<sup>416</sup> Pianta & Boller 2001

Seewasser: Die Ultrafiltration als einstufiges Verfahren kann alle partikulären Verunreinigungen abtrennen und so ein fast keimfreies Wasser herstellen. Im Wasser gelöste organische und anorganische Stoffe werden jedoch nicht zurückgehalten<sup>417</sup>. Um auch Spurenstoffe oder Geruchs- und Geschmacksverbindungen aus dem Seewasser zu entfernen, kann eine Verfahrenskombination mit den bewährten Verfahren Ozonung und Aktivkohle empfohlen werden<sup>418</sup>.

*Nanofiltration:*

Nanofiltration ist vor allem für die Entfernung von organischem Material, Spurenstoffen oder Viren geeignet<sup>419</sup>, gleichzeitig wird das Wasser teilenthärtet. In einer Pilotanlage in der Schweiz zeigte sich, dass die Nanofiltration nur bei vorbehandeltem oder nur schwach belastetem Wasser eingesetzt werden kann<sup>420</sup>. Bei vorbehandeltem Karstwasser trennt die Nanofiltration auch gelöste Stoffe kleiner molekularer Grösse, z.B. Nitrat, teilweise sehr effizient ab. Der Betrieb der Anlage ist jedoch sehr anfällig auf geringste partikuläre Verunreinigungen<sup>421</sup>. Einwandfrei betrieben werden kann die Nanofiltration nur mit vorgeschalteter Mikro- oder Ultrafiltration<sup>422</sup>. Dieses zweistufige Verfahren ist jedoch im Vergleich mit anderen Verfahren wesentlich teurer<sup>423</sup>.

In der Schweiz wird z.B. in Zermatt eine Nanofiltrationsanlage für die Entfernung von Gips betrieben<sup>424</sup>. Die Nanofiltration wird sich im Trinkwasserbereich kaum etablieren, auch weil Mikroverunreinigungen in der Schweiz ein kleineres Problem darstellen als in anderen Ländern<sup>425</sup>.

*Umkehrosmose:*

Bei der Umkehrosmose wird das Wasser von beinahe allen übrigen Stoffen abgetrennt<sup>426</sup>. Nur bei unpolaren Verbindungen unter 1000 Dalton Molekulargewicht ist die Abtrennleistung weniger gut<sup>427</sup>. Sehr gut abgetrennt werden Salze. Dies geschieht durch unterschiedliche Diffusionsgeschwindigkeiten durch die Membran<sup>428</sup>. Die Umkehrosmose findet vor allem in der Trinkwassergewinnung aus Meerwasser<sup>429</sup> und dem Recycling von Abwasser Verwendung<sup>430</sup>. In der Schweiz wird sich die Umkehrosmose in der Trinkwasserversorgung kaum durchsetzen.

---

<sup>417</sup> Boller et al. 2005

<sup>418</sup> Boller et al. 2005

<sup>419</sup> Van der Bruggen & Vandecasteele 2003

<sup>420</sup> Pianta & Boller 2001

<sup>421</sup> Pianta & Boller 2001

<sup>422</sup> Boller et al. 2005

<sup>423</sup> Pianta et al. 2000

<sup>424</sup> Pronk, Eawag

<sup>425</sup> Pronk, Eawag

<sup>426</sup> Kyburz 2006

<sup>427</sup> von Gunten 2005

<sup>428</sup> Kyburz 2006

<sup>429</sup> Hiessl 2005

<sup>430</sup> von Gunten, Eawag

---

## 1.2 Adsorptionsverfahren

### Aktivkohle

Aktivkohle kann gelöste organische Spurenstoffe wie z.B. Pestizide, chlorierte Kohlenwasserstoffe, Arzneimittel oder Geschmacks- und Geruchsstoffe eliminieren, wenn sie nicht sehr polar und gut wasserlöslich sind. Mittels Aktivkohle können nach Desinfektions- und Oxidationsverfahren restliche Mengen von Oxidations- und Desinfektionsmittel entfernt werden. Zudem eignet sich die Aktivkohle bei kurzfristig auftretenden Verschmutzungen des Rohwassers. Schliesslich können Mikroorganismen, welche sich in der Aktivkohle ansiedeln, assimilierbaren organischen Kohlenstoff (AOC) abbauen.

### Ionenaustausch

Der Ionenaustausch kann der Wasserenthärtung, der Abtrennung von Nitrat, Huminstoffen oder reduziertem Eisen und Mangan dienen. In der Schweiz gibt es keine zentrale Enthärtung mittels Ionenaustausch. Dieses Verfahren findet vor allem im Haushalt Verwendung. Die Wasserenthärtung erfolgt aufgrund des Austausches von  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  durch  $\text{Na}^+$ -Ionen.

## 1.3 Desinfektion und Oxidation

### Chlor und Chlordioxid ( $\text{ClO}_2$ )

Chlor und Chlordioxid werden eingesetzt zur Desinfektion und zur Oxidation von gelösten Stoffen. Die Chlorung kann Viren und vegetative Bakterien inaktivieren. Bei der Inaktivierung von Protozoen und Bakteriensporen ist die Wirkung von Chlor hingegen beschränkt. Chlor kann Bromid, Iodid und verschiedene Spurenstoffe oxidieren, wobei chlor-, brom- oder iodhaltige Stoffe entstehen können, welche zum Teil toxikologisch bedenklich sind. Die Wirkung von Chlor ist pH-abhängig. Das Chlordioxid wirkt unabhängig vom pH-Wert. Seine desinfizierende Wirkung ist bei gewissen Protozoen beschränkt. Es entstehen die toxischen Desinfektionsnebenprodukte Chlorit oder Chlorat. Sowohl Chlor als auch Chlordioxid eignen sich für den Netzschutz.

### Ozonung

Die Ozonung wird ebenfalls zur Desinfektion und Oxidation verwendet. Ozon zerfällt im Wasser relativ rasch und es bilden sich  $\bullet\text{OH}$ -Radikale, welche sehr starke Oxidantien sind. Ozon reagiert mit organischem Material. Es entstehen niedermolekulare Stoffe wie organische Säuren, Aldehyde, etc., welche gut abbaubar sind. Diese Substanzen, welche unter dem Begriff „assimilierbarer organischer Kohlenstoff“ AOC zusammengefasst werden, müssen in einer nachfolgenden biologischen Aufbereitungsstufe abgebaut werden.

Als Desinfektionsmittel ist Ozon geeignet für Bakterien, Viren und gewisse Protozoen. Ozon eignet sich nicht als Netzschutz, da es eine relativ kurze Lebensdauer im Wasser aufweist. Bromat ist das

---

einziges Desinfektionsnebenprodukt von Ozon für das es einen Toleranzwert gibt. Aufgrund der schwierigen Handhabung von Ozon, eignet es sich vor allem für grössere Wasserversorgungen.

### UV Anlagen

Es gibt 2 Arten von UV-Anlagen, welche in der Trinkwasserversorgung gebräuchlich sind:

1. UVC Anlagen: Sie basieren auf Niederdruck und emittieren im Wellenlängenbereich von 254 nm. Bei diesen Anlagen wirkt das UV-Licht durch die Beschädigung der DNA desinfizierend.
2. UV-Anlagen welche bei Mitteldruck wirken: emittieren zusätzlich zum Wellenlängenbereich von 254 nm auch im UVB/A Bereich und im Bereich des sichtbaren Lichts. So können auch Proteine geschädigt werden<sup>431</sup>.

Mit UV Anlagen können auch parasitäre Erreger abgetötet werden. UV Anlagen bilden so gut wie keine Desinfektionsnebenprodukte. Die Wirkung von UV Licht ist aber nur bei geringer Trübung (max. 1 NTU) gewährleistet. UV Anlagen muss allenfalls ein Netzschutz folgen, um die Wiederverkeimung im Verteilnetz zu minimieren.

### *UV Anlagen zur Oxidation*

Wenn auch organisches Material abgebaut werden soll, kann UV mit anderen Verfahren kombiniert werden (siehe folgenden Abschnitt: Weitergehende Oxidationsverfahren/ Advanced Oxidation Processes).

### Weitergehende Oxidationsverfahren/ Advanced Oxidation Processes (AOP)

Aufbereitungsprozesse, bei welchen •OH-Radikale erzeugt werden, werden als weitergehende Oxidationsverfahren (Advanced Oxidation Processes) bezeichnet. Die hoch reaktiven •OH-Radikale reagieren unspezifisch und rasch mit organischen Stoffen. In der Trinkwasseraufbereitung kommen AOP zum Einsatz, um Stoffe abzubauen, welche z.B. gegenüber Ozon resistent sind<sup>432</sup> oder in der Aufbereitung sonst nicht zurückgehalten werden<sup>433</sup>.

1. **Ozon/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**: Bei diesem Verfahren werden in einer Kettenreaktion zwischen dem Ozon und dem Wasserstoffperoxid •OH-Radikale gebildet<sup>434</sup>. Dieses Verfahren wurde entwickelt, um persistente Spurenstoffe aus dem Trinkwasser zu entfernen<sup>435</sup>. Es kann auch als zweistufiges Verfahren betrieben werden: In einem ersten Schritt wird nur Ozon zugesetzt, welches desinfiziert und spezifisch mit organischen Stoffen reagiert und erst im zweiten Schritt wird Wasserstoffperoxid zugegeben, welches die Kettenreaktion zur Bildung der •OH-Radikale herbeiführt.

---

<sup>431</sup> Egli, Eawag

<sup>432</sup> von Gunten 2003

<sup>433</sup> von Gunten, Eawag

<sup>434</sup> Esplugas et al. 2002

<sup>435</sup> von Gunten, Eawag

2. **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/ UV:** Der Prozess basiert auf der direkten Photolyse des Wasserstoffperoxids durch die UV-Strahlen, was die reaktiven •OH-Radikale bildet. UV Anlagen in Kombination mit der Zugabe von Wasserstoffperoxid sind das gebräuchlichste Verfahren unter den UV-basierten AOPs. Vorteil dieser Methode ist, dass kein Bromat gebildet wird<sup>436</sup>.
3. **Ozon/ UV:** Bei diesem Verfahren wird Ozon durch die UV-Aktivierung gespalten und reagiert mit Wasser zu Wasserstoffperoxid. Die Reaktion von Ozon mit Wasserstoffperoxid führt dann zu einer Kettenreaktion zur Bildung von •OH-Radikalen. Der Wirkmechanismus ist derselbe wie bei Ozon/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ausser, dass beim Ozon/ UV Prozess das Wasserstoffperoxid erst durch die Aktivierung mit UV gebildet werden muss<sup>437</sup>.
4. **Wasserphotolyse (Vakuum-UV):** Bei Vakuum-UV-Anlagen ist keine Zugabe von Oxidationsmitteln notwendig<sup>438</sup>. Es werden hochenergetische elektromagnetische Strahlen im Wellenlängenbereich von 150-200 nm verwendet<sup>439</sup>, so dass sich eine dünne Schicht von OH•-Radikalen auch ohne Zugabe von Chemikalien bildet. In dieser dünnen Schicht wird das organische Material oxidiert. Die Methode ist jedoch sehr energieintensiv und wird nur als Nischentechnologie eingesetzt<sup>440</sup>.

#### *Vor- und Nachteile Ozonbasierter AOP gegenüber konventioneller Ozonung*

Gegenüber der konventionellen Ozonung haben ozonbasierte AOP den Vorteil, dass sie eine kürzere Reaktionszeit haben. So kann das Ozon höher dosiert werden, ohne dass am Ende des Prozesses die Ozonkonzentration zu hoch ist<sup>441</sup>. Grösster Nachteil der AOP ist, dass die OH• Radikale nicht selektiv reagieren. Durch die Reaktion der OH• Radikale mit HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> und natürlichem organischem Material (NOM) kann viel Oxidationspotenzial verloren gehen<sup>442</sup>.

## 1.4 Flockung, Fällung, Sedimentation

### Flockung/Fällung

Die Flockung eignet sich zur Entfernung kolloidaler Partikel. Die feinen Partikel werden mittels Zugabe von Aluminium- oder Eisensalzen zu Agglomeraten zusammengeführt. Dies erfolgt aufgrund der Überwindung der Abstossungskräfte an der Oberfläche der Partikel. Die Agglomerate können in einem darauf folgenden Verfahren (Sedimentation oder Filtration) effizient entfernt werden.

<sup>436</sup> von Gunten, Eawag

<sup>437</sup> von Gunten, Eawag

<sup>438</sup> Oppenländer et al. 2005

<sup>439</sup> von Gunten, Eawag

<sup>440</sup> von Gunten, Eawag

<sup>441</sup> von Gunten 2003

<sup>442</sup> Legrini et al. 1993

---

## Sedimentation

Die Sedimentation dient der Entfernung partikulärer Stoffe und basiert auf der Gravitation. Dadurch ist sie ein sehr einfaches und billiges Verfahren, welches fast ohne Energieaufwand auskommt. Das Verfahren eignet sich für Rohwässer mit hohen Feststoffgehalten. Die Sedimentation ist nur für Partikel grösser 1 mm geeignet. Wenn kleinere Partikel entfernt werden müssen, kann die Sedimentation in Kombination mit einer Flockung/Fällung zum Einsatz kommen.

## 1.5 Nanotechnologie in der Wasseraufbereitung

Nanomaterialien haben spezielle chemische und physikalische Eigenschaften, welche für die Wasseraufbereitung interessant sein können. Auf Nanopartikeln beruhende Verfahren haben oft höhere Reaktionsgeschwindigkeiten und können organische Stoffe aber auch anorganische Stoffe wie Nitrat effizient entfernen<sup>443</sup>. Nanotechnologie kann zudem bei Grundwassersanierungen eingesetzt werden. Im Folgenden werden Beispiele von möglichen Anwendungsbereichen der Nanotechnologie in der Wasseraufbereitung genannt:

Adsorption: Zeolite und kohlenstoffhaltige Nanopartikel (siehe Abb. 9) haben grössere spezifische Oberflächen als gröbere Partikel und sind deshalb effizienter in der Adsorption verschiedener Stoffe<sup>444</sup>. Es wurde ein auf Nano-Kohlenstoffröhren (Carbon Nanotubes: siehe Abb. 9) basierendes Adsorptionsmittel entwickelt, welches Arsen aus dem Wasser entfernen kann<sup>445</sup>. Nanomaterialien eignen sich ebenfalls als Katalysatoren in der Wasseraufbereitung<sup>446</sup> und können zudem in Redox-Reaktionen zur Wasserreinigung involviert sein<sup>447</sup>.

---

<sup>443</sup> Narr et al. 2007

<sup>444</sup> Savage & Diallo 2005

<sup>445</sup> Peng et al. 2003

<sup>446</sup> Savage & Diallo 2005

<sup>447</sup> Obare & Meyer 2004



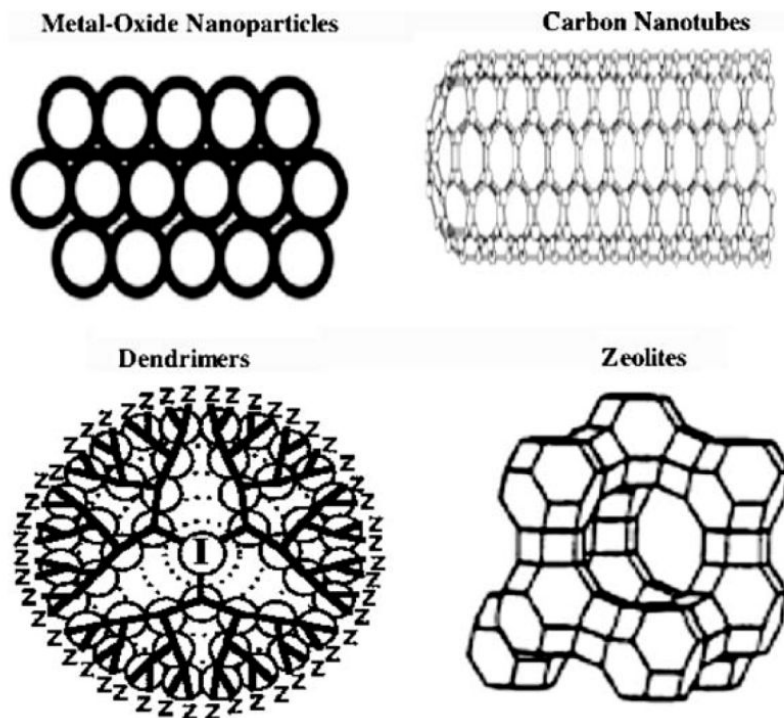


Abb. 9: Auswahl von Nanomaterialien welche in der Wasseraufbereitung zur Anwendung kommen könnten

Auch die Membrantechnologie kann mittels Nanomaterialien verbessert werden. Die Nanotechnologie bietet reaktive Materialien, welche in der Membranaufbereitung verwendet werden können<sup>448</sup>. Nanopartikel können auch bioaktive Wirkung haben. Beispielsweise sind Magnesiumoxid-Nanopartikel effiziente Biozide für verschiedene Bakterien<sup>449</sup>. Die Dendrimer-unterstützte Ultrafiltration ist ein weiterer, durch Nanotechnologie verbesserter, Prozess, welcher der Elimination von Metallionen in wässrigen Lösungen dient<sup>450</sup>.

Die Zukunft der Nanotechnologie in der Wasseraufbereitung wird von der Verfügbarkeit aber auch vom Preis der Nanomaterialien abhängen<sup>451</sup>. Ebenfalls wird sich noch zeigen müssen, wie umweltverträglich diese Materialien sind. Hierzu sind noch fast keine Informationen vorhanden<sup>452</sup>.

<sup>448</sup> Savage & Diallo 2005

<sup>449</sup> Stoimenov et al. 2002

<sup>450</sup> Diallo et al. 2005

<sup>451</sup> Savage & Diallo 2005

<sup>452</sup> Savage & Diallo 2005

---

## 2 Trinkwasseranalytik und -überwachung

Die Trinkwasseranalytik und -überwachung soll die hohe Qualität des Trinkwassers bis zur Hausinstallation garantieren. Wichtig ist dabei, dass solche Verfahren sensitiv, leicht reproduzierbar, robust, einfach handhabbar, einfach im Unterhalt und kostengünstig sind<sup>453</sup>.

### 2.1 Mikrobielle Trinkwasseranalytik

Die herkömmlichen Methoden zum Nachweis von Mikroorganismen umfassen die Anreicherung und das Wachstum auf Nährmedien<sup>454</sup>. Bei diesen Methoden wird nur ein geringer Teil der vorhandenen vitalen Bakterien nachgewiesen. Auch sind die Verfahren meist wenig spezifisch und zeitintensiv<sup>455</sup>.

#### Molekulare Methoden

Einen direkten Nachweis pathogener Bakterien erlauben molekularbiologische Methoden<sup>456</sup>. Diese sind meist schneller, selektiver und sensitiver als bisherige Methoden und kommen ohne Kultivierung aus, so dass auch „nicht-kultivierbare“ Mikroorganismen nachgewiesen werden können<sup>457</sup>. In vielen Fällen wird aber auch Material von toten Organismen detektiert. Die bisher in der Medizin verwendete Messmethode Durchflusszytometrie bietet einen ganz neuen Ansatz, mikrobielle Parameter zu messen<sup>458</sup>. Die Kombination von Durchflusszytometrie, Färbung und ATP Messung bildet eine gute Grundlage, die Prozesse während der Trinkwasseraufbereitung und -Verteilung besser zu verstehen<sup>459</sup>.

Auch Viren können mit molekularen Methoden quantifiziert werden. Eine momentan häufig angewandte Methode hierfür basiert auf dem genetischen Material der Viren (PCR-Analyse). Mit dieser Analyse können spezifisch Viren gezählt werden. Eine Gesamtab schätzung der Virenzahl kann eventuell auch die Durchflusszytometrie liefern<sup>460</sup>.

Im Folgenden werden einzelne Methoden kurz erläutert:

1. **Auf PCR<sup>461</sup> basierende Verfahren:** Die Vervielfältigung von spezifischen DNA- Abschnitten mit anschliessender Sequenzierung ermöglicht die Identifizierung verschiedener Organis-

---

<sup>453</sup> Mons et al. 2007

<sup>454</sup> Köster & Egli 2002

<sup>455</sup> Köster & Egli 2002

<sup>456</sup> Auckenthaler & Huggenberger 2003

<sup>457</sup> Köster & Egli 2002

<sup>458</sup> Hammes et al. 2008

<sup>459</sup> Egli, Eawag

<sup>460</sup> Egli, Eawag

<sup>461</sup> Polymerase Chain Reaction, Polymerase Kettenreaktion: Methode zur Vervielfältigung von Erbsubstanz

mengruppen, manchmal sogar die Identifizierung bis auf Artniveau<sup>462</sup>. Auch der Nachweis von Viren ist möglich, denn mittels eines speziellen Enzyms kann auch die RNA von Viren identifiziert werden<sup>463</sup>. Es können spezifisch Mikroorganismen nachgewiesen und quantifiziert werden, auch „nicht-kultivierbare“. Auf PCR basierende Verfahren sind sehr sensitiv und können innerhalb von kurzer Zeit Resultate liefern<sup>464</sup>. Es besteht auch die Möglichkeit zur Automation dieser Verfahren. Jedoch kann nicht zwischen lebendem und totem Material unterschieden werden.

2. **Durchflusszytometrie:** Die Durchflusszytometrie erlaubt die Messung der gesamten Zellzahl innerhalb einer bestimmten Menge Wassers. Die Vorteile der Durchflusszytometrie liegen vor allem in der kurzen Zeit, innerhalb welcher Resultate erwartet werden können. Auch können nicht kultivierbare Mikroorganismen gezählt werden. Mittels Färbungen und Sortierung (Fluorescence-Activated Cell Sorting) ist es zudem möglich, nebst der Anzahl der Organismen auch deren Vitalität und andere Parameter zu untersuchen<sup>465</sup>.
3. **ATP-Messung:** ATP (Adenosin Triphosphat) ist die „Energiewährung“ aller Lebewesen, deshalb enthalten alle noch lebenden Bakterien ATP<sup>466</sup>. ATP kann einfach gemessen werden<sup>467</sup> und dient der Messung der Aktivität und Vitalität von Organismen.
4. **Nachweis mit markierten Sonden:** Fluoreszenz-markierte Sonden ermöglichen den Nachweis von Molekülen, welche für gewisse Organismen typisch sind<sup>468</sup>. FISH (Fluoreszenz-in-situ Hybridisierung) erlaubt eine Identifikation von Bakterien und Protozoen, ohne dass eine Kultivierung nötig ist<sup>469</sup>. Der Nachweis erfolgt schneller als mit Kultivierungsmethoden, es können auch „nicht-kultivierbare“ Organismen nachgewiesen werden und es besteht ein Potenzial zur Automation<sup>470</sup>. Nachteil der Methode ist, dass oft nicht zwischen lebenden und toten Zellen unterschieden werden kann.
5. **„Molecular Fingerprinting“:** Molecular Fingerprinting umfasst mehrere Methoden, welche auf der Elektrophorese von DNA Teilstücken basieren. Die Elektrophorese soll ein für einen bestimmten Stamm oder eine Spezies typisches Bild liefern<sup>471</sup>. Diese Methoden bringen innerhalb weniger Stunden Resultate hervor, können aber nichts über die Vitalität der Organismen aussagen<sup>472</sup>.
6. **Immunologischer Nachweis:** Spezifische antigene Strukturen können immunologisch nachgewiesen werden<sup>473</sup>. Es sind qualitative und quantitative Resultate für relativ spezifische Zielorganismen möglich.

---

<sup>462</sup> Köster & Egli 2002

<sup>463</sup> Köster & Egli 2002

<sup>464</sup> Köster & Egli 2002

<sup>465</sup> Egli, Eawag

<sup>466</sup> Egli, Eawag

<sup>467</sup> Velten et al. 2007

<sup>468</sup> Köster & Egli 2002

<sup>469</sup> Köster & Egli 2002

<sup>470</sup> Köster & Egli 2002

<sup>471</sup> Köster & Egli 2002

<sup>472</sup> Köster & Egli 2002

<sup>473</sup> Köster & Egli 2002

7. **DNA Chip Array** ist eine sensitive und spezifische Methode, um Organismengruppen oder Arten nachzuweisen. Die Methode kann in wenigen Stunden durchgeführt werden, ist aber sehr teuer und benötigt geschultes Personal<sup>474</sup>. Eine absolute Quantifizierung ist meist schwierig.
8. **Biosensoren:** Die Methode erlaubt quantitative und qualitative Aussagen über spezifische Mikroben<sup>475</sup>. Die Methode befindet sich noch im Anfangsstadium der Entwicklung.

## 2.2 Chemische Trinkwasseranalytik

Durch neue Messmethoden, beispielsweise Weiterentwicklungen der Massenspektrometrie oder Flüssigchromatographie, werden immer mehr Stoffe in immer geringeren Konzentrationen messbar (vgl. Kapitel Qualität). Im Folgenden soll auf Parameter eingegangen werden, welche über die gesetzlich festgelegten Parameter hinausgehen und anhand welcher Aussagen über die Trinkwasseraufbereitung und die Trinkwasserqualität im Verteilnetz gemacht werden können. Dies sind beispielsweise der assimilierbare organische Kohlenstoff (AOC), Desinfektionsnebenprodukte oder Geruchs- und Geschmacksstoffe.

### Assimilierbarer Organischer Kohlenstoff AOC

Der assimilierbare organische Kohlenstoff ist jener Teil des natürlichen organischen Materials, welcher direkt von Mikroben aufgenommen werden kann und somit deren Wachstum ermöglicht. AOC ist ein zentraler Qualitätsparameter des Trinkwassers, da er das Wachstum heterotropher Mikroorganismen bestimmt und somit ein Mass für die biologische Stabilität des Wassers darstellt<sup>476</sup>. Bei genügend geringen AOC-Gehalten können keine Mikroorganismen mehr wachsen, so dass die Zugabe eines Netzschutzes überflüssig wird<sup>477</sup>. AOC kommt nicht nur natürlicherweise vor, es kann auch bei der Aufbereitung gebildet werden, z.B. bei der Ozonung oder Chlorierung.

Die Bestimmung des AOC ist mit den bisher verwendeten Methoden eher aufwendig und zeitintensiv<sup>478</sup>. Dies ist vermutlich der Hauptgrund dafür, dass in der Planung und Überwachung von Aufbereitungsanlagen dieser Parameter bisher nicht verwendet wurde<sup>479</sup>. Eine neue Methode zur Bestimmung des AOC mittels Durchflusszytometer erlaubt nun schnellere und realistischere Resultate des AOC-Wertes<sup>480</sup>. Diese Methode hat sich bei einer Zusammenarbeit der Eawag und der Wasserversorgung Zürich bereits in der Praxis bewährt<sup>481</sup>.

<sup>474</sup> Köster & Egli 2002

<sup>475</sup> Köster & Egli 2002

<sup>476</sup> Boller et al. 2005

<sup>477</sup> Boller et al. 2005

<sup>478</sup> Boller et al. 2005

<sup>479</sup> Boller et al. 2005

<sup>480</sup> Hammes & Egli 2005

<sup>481</sup> Hammes & Egli 2005

---

### Desinfektionsnebenprodukte (DBP - Disinfection By-Products)

Die mikrobielle Gefährdung des Trinkwassers wird anhand der Indikatororganismen E. coli, coliformen Keimen und Enterokokken abgeschätzt. Die Indikatororganismen reagieren jedoch nicht in jedem Falle in derselben Weise auf eine Aufbereitung wie pathogene Keime<sup>482</sup>. Von Gunten et al. (2001) schlagen deshalb für die Abschätzung der Desinfektionsleistung die Messung von Desinfektionsnebenprodukten vor.

### Geruchs- und Geschmacksstoffe

Geruchs- und Geschmacksstoffe sind oft der Grund für Beschwerden von der Bevölkerung. Es wird unterschieden zwischen Substanzen, welche natürlicherweise gebildet werden, also beispielsweise Bakterien entstammen und Substanzen, welche durch die Trinkwasseraufbereitung entstehen, dies sind z.B. halogenierte Phenole<sup>483</sup>. Bei mehrstufigen Aufbereitungsverfahren können diese Stoffe meist grösstenteils entfernt werden<sup>484</sup>.

## 2.3 Überwachung

### Biomonitoring

Kontinuierliches Biomonitoring hat zum Ziel, eine Belastung des Wassers mit Schadstoffen frühzeitig zu erkennen. Das Verhalten bestimmter Organismen wird überwacht und Veränderungen im Verhalten registriert<sup>485</sup>. Solche Systeme können auf verschiedenste Umweltveränderungen reagieren und erfassen auch synergistische Effekte verschiedener Stoffe.

In der Wasserversorgung Zürich werden Forellen und Daphnien (Wasserflöhe) für das Biomonitoring verwendet. Während die Strömungsfischtestanlage für das Monitoring der Rohwasserqualität des Sees beigezogen wird, überwacht der Daphnientoximeter die Trinkwasserqualität<sup>486</sup>. Bei mit Schadstoffen belastetem Wasser verändern sich die Bewegungsmuster der Daphnien. Dies wird durch eine Software erkannt und je nach Stärke der Veränderung wird ein Alarm ausgelöst. Generell ist das Monitoring mit Daphnientoximeter empfindlicher und die Reaktion schneller als beim Strömungsfischtest<sup>487</sup>.

### UV Sonden

Da viele gelöste organische Stoffe UV-Licht absorbieren, kann mit der Messung der UV-Absorption die Wasserbelastung durch gelöstes organisches Material ermittelt werden. Hierzu werden für das Trink-

---

<sup>482</sup> vgl. Bericht Qualität

<sup>483</sup> von Gunten ([www.eawag.ch](http://www.eawag.ch))

<sup>484</sup> von Gunten ([www.eawag.ch](http://www.eawag.ch))

<sup>485</sup> Schildknecht 2006

<sup>486</sup> Schildknecht 2006

<sup>487</sup> Schildknecht 2006

---

wasser vor allem UV-Sonden verwendet, welche im Wellenlängenbereich von 254 nm messen<sup>488</sup>. Die UV-Absorption eignet sich gut für eine kontinuierliche Messung.

### Leck-Suchsysteme

Mit Methoden für die Suche von Leckagen in Wasserversorgungssystemen kann man einem möglichen Gesundheitsrisiko durch beschädigte Leitungen zuvorkommen<sup>489</sup>, es können aber auch ökonomische Vorteile erzielt werden<sup>490</sup>. Viele bisher verwendete Methoden zur Leck-Suche haben sich als teuer, zeitintensiv oder unzuverlässig erwiesen<sup>491</sup>. Neuere Leck-Suchsysteme beruhen vor allem auf der Akustik. Austretendes Wasser setzt Schallwellen frei welche sich im Wasser verbreiten. Anhand dieser Schallwellen kann das Leck lokalisiert werden<sup>492</sup>. Vor allem für Metalleitungen scheinen sich akustische Methoden zu eignen, während für Plastikleitungen mit dieser Methode noch Probleme bestehen, da die Schallwellen in Plastikleitungen rasch abklingen<sup>493</sup>.

## 3 Wassersparende Technologien

### 3.1 Regenwassernutzung

Aufgrund der quantitativ und qualitativ guten Wasserversorgung in der Schweiz sind aufwendige Wasser sparende Technologien, wie die Regenwassernutzung für Trinkwasserzwecke in der Regel nicht sinnvoll. Für andere Nutzungen können solche Technologien in gewissen Fällen empfohlen werden. In einer Ökobilanz von Wasserversorgung und Regenwassernutzung<sup>494</sup> konnte gezeigt werden, dass sich Anlagen zur Regenwassernutzung in kleinem Massstab wirtschaftlich und ökologisch eher weniger lohnen während die Regenwassernutzung beispielsweise für die Toilettenspülung für grössere Gebäude interessant sein kann. Ebenfalls wurde die Regenwassernutzung in Gegenden mit hoher Wasserhärte empfohlen<sup>495</sup>. Auch für die Gartenbewässerung ist Regenwasser sehr geeignet.

### 3.2 Grauwassernutzung

Grauwassernutzung<sup>496</sup> für die Bevölkerung findet vor allem in Regionen mit dichter Besiedlung (z.B. Japan) Anwendung oder wird aufgrund von Wasserknappheit eingeführt (z.B. Australien, Kalifornien).

---

<sup>488</sup> von Gunten, Eawag

<sup>489</sup> Yang et al. 2007

<sup>490</sup> Khan et al. 2005

<sup>491</sup> Khan et al. 2005

<sup>492</sup> Long et al. 2003

<sup>493</sup> Muggleton et al. 2006

<sup>494</sup> Jolliet et al. 2002

<sup>495</sup> Jolliet et al. 2002

<sup>496</sup> Grauwasser ist definiert als jenes Abwasser, welches nicht mit Fäkalien verunreinigt ist.

nien)<sup>497</sup>. In verschiedenen Industrieunternehmen wird ebenfalls Grauwasser aufbereitet und genutzt<sup>498</sup>. In Europa wurde bisher nur sehr wenig Grauwasser genutzt. Untersucht wurde deren Einsatz beispielsweise in abgelegenen Regionen<sup>499</sup>, aber auch in städtischen Grossgebäuden<sup>500</sup>. Die Grauwassernutzung wird sich in der Schweiz kaum etablieren. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass die Wasserressourcen in den meisten Regionen der Schweiz in genügender Menge vorhanden sind (vgl. Bericht Quantität) und dass Grauwasser, um genutzt werden zu können, immer aufbereitet werden muss<sup>501</sup>. Es besteht zudem ein hygienisches Risiko wenn beispielsweise die Anlage fehlerhaft angeschlossen wird.

### 3.3 Andere

Während Wasser sparende Armaturen in der Schweiz nicht stark verbreitet sind<sup>502</sup>, sind Wasser sparende Geräte wie Geschirrspüler oder Waschmaschinen heute üblich (siehe Abb. 10).

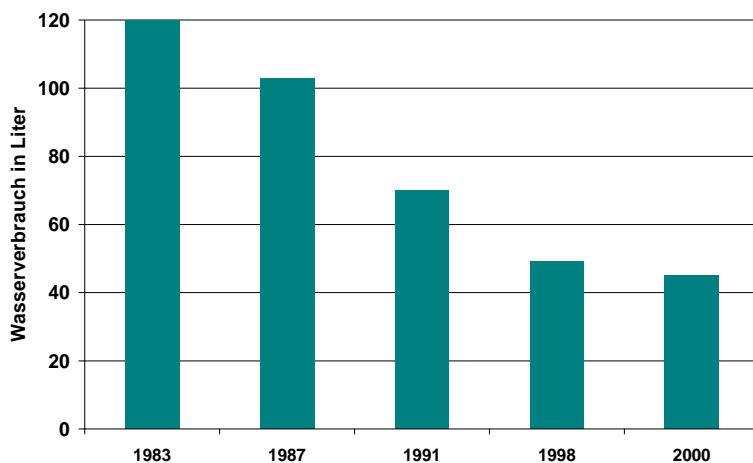


Abb. 10: Wasserverbrauch von Waschmaschinen (pro Waschgang) in den letzten Jahren<sup>503</sup>

Der Wasserverbrauch der meisten Geräte ist jetzt auf einem Niveau, auf welchem er kaum mehr reduziert werden kann<sup>504</sup>. Ebenfalls sind Toilettenspülungen heute sehr viel Wasser sparender als vor einigen Jahren.

<sup>497</sup> Dixon et al. 1999

<sup>498</sup> Rothenberger 2003

<sup>499</sup> Müllegger et al. 2003

<sup>500</sup> Nolde 1999

<sup>501</sup> Müllegger et al. 2003, Nolde 1999

<sup>502</sup> Sidler, aquaclic

<sup>503</sup> aus: Miele 2003 in: Rothenberger 2003

<sup>504</sup> Oehli, Miele

---

## 4 Dezentrale Aufbereitung

In der Schweiz herrschen im internationalen Vergleich sehr hohe Trinkwasserqualitätsstandards (vgl. Kapitel Qualität). Auch sind nur sehr wenige Siedlungen in der Schweiz nicht einem zentralen Wasserversorgungsnetz angeschlossen<sup>505</sup>. So ist es erstaunlich, dass im Internet verschiedenste Kleinst-Trinkwasseraufbereitungsanlagen angeboten werden<sup>506</sup>. In einer Studie von von Rohr (2006) wurden insgesamt 23 solche Anlagen untersucht. Davon stammten 3 aus der Schweiz. Angeboten werden Enthärtungsanlagen, Ultrafiltrationsanlagen, Destillationsanlagen, Entsäuerungsanlagen und UV-Anlagen. Auch sind kombinierte Aktivkohle/ Mikrofiltrationsanlagen und kombinierte Umkehrosmose-Anlagen im Verkauf. Schliesslich werden auch verschiedenste alternative Aufbereitungseinheiten verkauft.

Es wird unterschieden in Point of Use-Systeme, welche direkt an einen Wasserhahn angeschlossen werden, und in Point of Entry-Systeme, welche vor ein Trinkwasserbehältnis geschaltet werden, von dem ein oder wenige Haushalte ihr Trinkwasser beziehen. Wenn mehrere Haushalte oder eine kleine Siedlung versorgt werden, spricht man von Small-Scale Systems<sup>507</sup>. Auch Haushaltsfilter sind als dezentrale Aufbereitungseinheiten zu nennen. Diese basieren auf Ionenaustauscherharzen, Membranen, Aktivkohleadsorption oder Kombinationen dieser Verfahren<sup>508</sup>. Aus gesundheitlicher Sicht sind solche Filter nicht nötig, da die gesundheitlichen Risiken durch das Trinkwasser nicht noch weiter minimiert werden können<sup>509</sup>. Auch sind gewisse Risiken an den Gebrauch solcher Geräte gebunden<sup>510</sup>.

Diese Anlagen können und sollen nicht die Aufgaben der öffentlichen Wasserversorgungen übernehmen. Die Wasserversorgungen bleiben dafür verantwortlich, einwandfreies Trinkwasser bereit zu stellen. In der Schweiz erfolgt die Aufbereitung bereits sehr dezentral und eine weitere Dezentralisierung der Aufbereitung erscheint wenig sinnvoll. Es stellt sich rasch die Frage der Sicherstellung der Trinkwasserqualität. Schon heute sind viele kleinere Gemeinden mit dieser Aufgabe überfordert<sup>511</sup>. Eine weitere Dezentralisierung würde dieses Problem noch verstärken.

Der Markt für diese Anlagen und Filter ist unkontrolliert und es ist schwierig abzuschätzen, wie sich das Verkaufsverhalten bezüglich solcher Anlagen entwickelt.

---

<sup>505</sup> Kamm, SVGW

<sup>506</sup> von Rohr 2006

<sup>507</sup> Pronk, Eawag

<sup>508</sup> Höll & Grohmann 2002

<sup>509</sup> Höll & Grohmann 2002

<sup>510</sup> Höll & Grohmann 2002

<sup>511</sup> von Gunten, Eawag



---

## 5 Entwicklungstendenzen

### Aufbereitung:

- Membranverfahren, vor allem die Ultrafiltration, werden vermehrt in der Wasseraufbereitung eingesetzt. Die Ultrafiltration eignet sich insbesondere bei Karstgrundwasser und Seewasser, auch in Kombination mit Pulveraktivkohle (PAK), wenn Spurenstoffe abgetrennt werden müssen.
- Für die Trinkwasseraufbereitung in der Schweiz können Ozon/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/ UV-Verfahren in Frage kommen. Deren Anwendung in der Trinkwasseraufbereitung ist nur sinnvoll, wenn Spurenstoffe abgetrennt werden sollen<sup>512</sup>.
- Die Nanotechnologie eignet sich für verschiedenste Verfahren der Wasseraufbereitung. Ob sich Nanomaterialien in der Wasseraufbereitung durchsetzen werden hängt unter anderem von deren Preis und deren Umweltverträglichkeit ab, wobei über letzteres noch sehr wenig bekannt ist.
- Der fachgerechte Einsatz bewährter, wie auch neuer Aufbereitungstechnologien setzt ein gewisses Know-How voraus. Es ist nicht bekannt, wie stark dieses Know-How bei den Wasserversorgungen vorhanden ist und wie sie die verschiedenen Aufbereitungsverfahren in der Praxis einsetzen. Eine Umfrage unter Wasserversorgungen bezüglich Ozonung lässt darauf schliessen, dass die Wasserversorgungen oft nicht über ausreichende Informationen verfügen. Fast die Hälfte der befragten Wasserversorgungen wussten entweder nicht, wie viel Ozon sie zudosieren oder sie dosierten es so gering, dass es als alleinige Aufbereitung ungenügend wäre<sup>513</sup>. Diese für die Schweiz vermutlich repräsentative Umfrage zeigt auf, dass der Einsatz von Aufbereitungstechnologien in kleineren Wasserversorgungen problematisch sein kann.

### Analytik:

- Die Durchflusszytometrie liefert mit der Gesamtzellzahl einen neuen Parameter zur Messung der hygienischen Trinkwasserqualität. In Kombination mit Färbungen und der Messung von ATP können auch Aussagen über die Vitalität der Organismen gemacht werden.
- Molekulare Methoden erlauben den direkten Nachweis gewisser Organismengruppen oder sogar Arten.
- Mit neuen Messmethoden werden immer mehr Chemikalien in immer geringeren Konzentrationen messbar. Es fehlt häufig eine Einschätzung des Risikos dieser neu aufgetretenen Stoffe.
- Um die Trinkwasserqualität während der Aufbereitung und im Verteilnetz besser zu beurteilen, sind Parameter notwendig, welche über die gesetzlich festgelegten Parameter hinausgehen.

---

<sup>512</sup> von Gunten, Eawag

<sup>513</sup> von Gunten & Salhi 2000

---

Dies sind beispielsweise der assimilierbare organische Kohlenstoff (AOC) oder Geruchs- und Geschmacksstoffe.

Wassersparende Technologien und dezentrale Aufbereitung:

- Wassersparende Technologien sind in der Schweiz vor allem für grössere Skalen sinnvoll.
- Der Wasserverbrauch vieler Geräte hat in den letzten Jahren stark abgenommen und ist jetzt auf einem Niveau, auf welchem er kaum mehr reduziert werden kann<sup>514</sup>.
- Ob dezentrale Aufbereitungsanlagen in Zukunft vermehrt verkauft werden, ist unbekannt. Ebenfalls ist noch unklar, wie sich ein vermehrter Verkauf dezentraler Aufbereitungsanlagen auf die Trinkwasserversorgung in der Schweiz auswirken würde.

---

<sup>514</sup> Oehrl, Miele

---

## 6 Referenzen und Quellen

Auckenthaler, A.; Huggenberger, P. (Hrsg., 2003): Pathogene Mikroorganismen im Grund- und Trinkwasser. Basel.

Boller, M.; von Gunten, U.; Egli, T.; Pronk, W.; Hammes, F. (2005): Kombination der Membrantechnik mit klassischen Verfahren. *gwa* 10. 797-809.

Botzenhart, K. (2001): Eliminationsverfahren für Viren bei der Wasseraufbereitung. *gwa* 5. 313-318.

Diallo, M.S.; Christie, S.; Swaminathan, P.; Johnson Jr., J.H.; Goddard III, W.A. (2005): Dendrimer enhanced ultrafiltration. 1. recovery of Cu(II) from aqueous solutions using Gx-NH<sub>2</sub> PAMAM dendrimers with ethylene diamine core. *Environmental Science and Technology* 39(5), 1366–1377.

Dixon, A.; Butler, D.; Fewkes, A. (1999): Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. *Water Science and Technology* 39(5). 24-32.

Esplugas, S.; Giménez, J.; Contreras, S.; Pascual, E.; Rodríguez, M. (2002): Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation. *Water Research* 36. 1034-1042.

Gimbel, R. (2003): Membraneinsatz in der Trinkwasserversorgung. Vortrag im Rahmen des Workshops: Forschung in Deutschland - Wasserforschung anlässlich des Kongresses: Wasser Berlin vom 9. April 2003. Berlin.

Hammes, F.A.; Berney, M.; Wang, Y.; Vital, M.; Köster, O.; Egli, T. (2008): Flow-cytometric total bacterial cell counts as a descriptive microbiological parameter for drinking water treatment processes. *Water Research* 42 (1-2). 269-277.

Hammes, F.A.; Egli, T. (2005): New Method for Assimilable Organic Carbon Determination Using Flow-Cytometric Enumeration and a Natural Microbial Consortium as Inoculum. *Environmental Science and Technology* 39. 3289-3294.

Herb, S. (2002): Ultrafiltrationsanlagen für kleine Wasserwerke - eine wirtschaftliche Möglichkeit zur Partikelentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung. In: Benchmarking • Trinkwasserverordnung • Partikelentfernung - aktuelle Themen der Wasserversorgung. Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft Nr. 173. München.

Herb, S.; Krause, S. (2003): Ultrafiltration für kleine Wasserwerke. *gwa* 6. 419-424.

Hiessl, H. (2005): Wassertechnologien für eine nachhaltige Zukunft. In: Mappus, S. (Hrsg.): Erde 2.0 - Technologische Innovationen als Chance für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin Heidelberg. 140-173.

Höll, K.; Grohmann, A. (Hrsg, 2002): Wasser, Nutzung im Kreislauf - Hygiene, Analyse und Bewertung. Berlin.

Jolliet, O.; Brugger-Bronchi, V.; Crettaz, P.; Lopes, P.-M. (2002): Ökobilanz von Trinkwasserversorgung und Regenwassernutzung. *Umwelt-Materialien* Nr. 147 - Wasserversorgung. BUWAL, Bern.

- 
- Khan, A.; Widdop, P.D.; Day, A.J.; Wood, A.S.; Mounce, S.R.; Machell, J. (2005): Performance assessment of leak detection failure sensors used in water distribution system. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA* 54.1. 25-36.
- Klahre, J. (2004): Druckbetriebene Membranfilter - Energie-Sparen bei der Trinkwasseraufbereitung. *gwa* 5. 307-311.
- Köster, W.; Egli, T. (2002): Molekulare Methoden in der mikrobiellen Trinkwasseranalytik. *BIOspektrum* 8(4). 368-372.
- Kyburz, M. (2006): Membrantechnologien in der kommunalen Trink- und Abwasseraufbereitung. *gwa* 9. 709-721.
- Legrini, O.; Oliveros, E.; Braun, A.M. (1993): Photochemical Processes for Water Treatment. *Chemical Reviews* 93. 671-698.
- Long, R.; Cawley, P.; Lowe, M. (2003): Acoustic wave propagation in buried iron water pipes. *Proc. R. Soc. Lond. A* 459. 2749-2770-
- Mons, M.; Hamsch, B.; Sacher, F. (2007): Monitoring and control of drinking water quality - selection of key-parameters. Bericht Technau D 3.1.2.  
<http://www.techneau.org/fileadmin/files/Publications/Publications/Deliverables/D3.1.2.pdf> (6. August 2007)
- Muggleton, J.M.; Brennan, M.J.; Pinnington, R.J.; Gao, Y. (2006): A novel sensor for measuring the acoustic pressure in buried plastic water pipes. *Journal of Sound and Vibration* 295. 1085-1098.
- Müllegger, E.; Langergraber, G.; Jung, H.; Starkl, M.; Laber, J. (2003): Potentials for greywater treatment and reuse in rural areas. In: Proceedings of the 2nd international symposium on ecological sanitation. [http://www.ecosan.at/download/Luebeck\\_Muellegger-et-al-en.pdf](http://www.ecosan.at/download/Luebeck_Muellegger-et-al-en.pdf) (7. August 2007).
- Narr, J.; Viraraghavan, T.; Jin Y.-C. (2007): Applications of Nanotechnology in Water/Wastewater Treatment: A Review. *Fresenius Environmental Bulletin* 16(4). 320-329.
- Nolde, E. (1999): Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings - over ten years experience in Berlin. *Urban Water* 1. 275-284.
- Obare, S.O.; Meyer, G.J. (2004): Nanostructured materials for environmental remediation of organic contaminants in water. *Journal of environmental health* 39 (10), 2549-2582.
- Oppenländer, T.; Walddörfer, C.; Burgbacher, J.; Kiermeier, M.; Lachner, K.; Weinschrott, H. (2005): Improved vacuum-UV (VUV)-initiated photomineralization of organic compounds in water with a xenon excimer flow-through photoreactor (Xe<sub>2</sub> lamp, 172 nm) containing an axially centered ceramic oxygenator. *Chemosphere* 60. 302-309.
- Peng, X.; Luan, Z.; Ding, J.; Di, Z.; Li, Y.; Tian, B. (2003): Ceria nanoparticles supported on carbon nanotubes for the removal of arsenate from water. *Material Letters* 59. 399-403.
- Pianta, R.; Boller, M. (2001): Quantitative und qualitative Eigenschaften von Karstquellwasser und dessen Aufbereitung zu Trinkwasser mittels Membrantechnologie, Bericht Eawag.

- 
- Pianta, R.; Boller, M.; Urfer, D.; Chappaz, A.; Gmünder, A. (2000): Costs of conventional vs. membrane treatment for karstic spring water. *Desalination* 131. 245-255.
- Rothenberger, D. (2003): Report zur Entwicklung des Versorgungssektors Wasser. CIRUS/ Eawag Mai 2003. [http://www.mikrosysteme.org/documents/Report\\_Wasser.pdf](http://www.mikrosysteme.org/documents/Report_Wasser.pdf) (21. August 2007)
- Savage, N.; Diallo, M.S. (2005): Nanomaterials and water purification: Opportunities and challenges. *Journal of Nanoparticle Research* 7. 331-342.
- Schildknecht, A. (2006): Biomonitoring mit Daphnien-Toximeter. Vortrag am Wave 21 Status Seminar – Neue analytische Methoden zur Beurteilung der Trinkwasserqualität. 25. September 2006. Eawag Dübendorf. [http://www.wave21.eawag.ch/statusseminar/Unterlagen\\_2006](http://www.wave21.eawag.ch/statusseminar/Unterlagen_2006) (27. August 2007)
- Stoimenov, P.K.; Klinger, R.L.; Marchin, G.L.; Klabunde, K.J. (2002): Metal oxide nanoparticles as bactericidal agents. *Langmuir* 18(17). 6679-6686.
- Van der Bruggen, B.; Vandecasteele, C. (2003): Removal of pollutants from surface water and groundwater by nanofiltration: overview of possible applications in drinking water industry. *Environmental Pollution* 122. 435-445.
- Velten, S.; Hammes, F.; Boller, M.; Egli, T. (2007): Rapid and direct estimation of active biomass on granular activated carbon through adenosine tri-phosphate (ATP) determination. *Water Research* 41. 1973-1983.
- von Gunten, U. (2003): Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Research* 37. 1443-1467.
- von Gunten, U. (2005): Verminderung der Konzentration von Spurenstoffen - Was leistet die Trinkwasseraufbereitung? *gwa* 1. 53-59.
- von Gunten, U.; Driedger, A.; Gallard, H.; Salhi, E. (2001): By-products formation during drinking water disinfection: A tool to assess disinfection efficiency? *Water Research* 35(8). 2095-2099.
- von Gunten, U.; Salhi, E. (2000): Bromat im Trinkwasser - Ein Problem in der Schweiz? *gwa* 10. 705-710.
- von Rohr, M.R. (2006): Trinkwasseraufbereitung im Haushalt: Wirkung und Vergleiche. Semesterarbeit an der ETH Zürich.
- Yang, J.; Wen, Y.; Li, P. (2007): The genetic-algorithm-enhanced blind system identification for water distribution pipeline leak detection. *Measurement Science and Technology* 18. 2178-2184.

---

## **Persönliche Mitteilungen**

Egli Thomas, Prof. Dr., Vortrag vom 8. Juni 2007 an der Eawag und Gespräch vom 13. Juni 2007  
Eawag, Umweltmikrobiologie, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Kamm Urs, Dipl. Ing. ETH, Leiter Bereich Wasser, Auskunft per Email vom 7. August 2007  
SVGW, Grütlistrasse 44, 8002 Zürich

Oehrli Andreas, telefonische Auskunft vom 28. August 2007  
Miele AG, Limmatstrasse 4, 8957 Spreitenbach

Pronk Wouter, Dr., Gespräch vom 21. Juni 2007  
Eawag, Siedlungswasserwirtschaft, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Sidler Michèle, telefonische Auskunft vom 28. August 2007  
aquaclic, Aqua Art AG, Regensbergstr. 244, 8050 Zürich

von Gunten Urs, Prof. Dr., Gespräch vom 29. August 2007  
Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

---

# Gewässerschutz

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche Eawag: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz, Urs von Gunten, Eduard Hoehn



Revitalisierung der Moesa (GR). Bild: Y. Kunz

---

## Zusammenfassung

Gewässerschutzbestimmungen haben in der Schweiz eine lange Tradition und konnten über Jahrzehnte verbessert und so neuen Herausforderungen angepasst werden. Verschiedene Gewässerschutzmassnahmen wie die Verbesserung der Abwasserreinigung und Sanierungsprojekte nach Artikel 62a GSchG haben zu einer merklichen Verbesserung der Wasserqualität in Oberflächengewässern und im Grundwasser geführt. Aufgrund der heutigen Datenlage kann jedoch nicht genau bestimmt werden, in wie weit welche Schutzmassnahmen für bestimmte Trends verantwortlich sind.

Der planerische Grundwasserschutz hat sich gemäss Experteneinschätzung bezüglich Gefährdungen durch pathogene Bakterien und Unfälle mit Grundwasser gefährdenden Substanzen bewährt. Trotzdem ist wenig bekannt, wie gut der planerische Grundwasserschutz umgesetzt wird, da hierzu nur wenig aktuelle Daten vorhanden sind. Zudem sind sowohl der Stand der Umsetzung wie auch die Datenlage diesbezüglich in den Kantonen sehr unterschiedlich. Untersuchungsbedarf besteht bei der quantitativen Erfolgskontrolle und einer Kosten-Nutzen Evaluation der bisherigen Schutzzonenpolitik.

Direkte Einflüsse von verbesserter Fliessgewässerqualität auf die Trinkwasserversorgung sind insbesondere in flussnahen Grundwasserfassungen bekannt, die gesamtschweizerische Bedeutung wurde bisher jedoch nicht abgeschätzt.



---

## 1 Entwicklung des Gewässerschutzrechts

Die ersten Gewässerschutzmassnahmen, die in der Schweiz getroffen wurden, sind auf zurückgehende Fischerei-Erträge zurückzuführen<sup>515</sup>. So wurden 1888 im Fischereigesetz erste Bestimmungen bezüglich der Einleitung von Abwässern aus industriellen, gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben erlassen<sup>516</sup>.

Das erste 1955 in Kraft gesetzte Gewässerschutzgesetz beabsichtigte, die Gewässer vor Verschmutzungen mit toxischen und Sauerstoff zehrenden Stoffen zu schützen<sup>517</sup>. Laut diesem Gesetz sollten Massnahmen gegen Gewässerverunreinigungen getroffen werden, welche zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier nötig sind<sup>518</sup>. Das Gesetz enthielt eine Bewilligungspflicht zur Einleitung von Abwässern in Gewässer. Es wurde festgeschrieben, dass zur Sanierung von Gewässerverunreinigungen Sanierungsmassnahmen zu treffen seien. Nicht festgelegt wurde hingegen, mit welchen Mitteln dies geschehen soll. Weiter waren Bestimmungen bezüglich der Materialentnahme und Ablagerung über Grundwasserleitern sowie bezüglich Tankanlagen und wassergefährdenden Flüssigkeiten enthalten<sup>519</sup>. Die Umsetzung des Gewässerschutzgesetzes von 1955 erfolgte in den Kantonen sehr unterschiedlich, was unter anderem auch der fehlenden finanziellen Beteiligung des Bundes an Schutzmassnahmen zuzuschreiben war.

Mit dem revidierten Gewässerschutzgesetz von 1971 rückte der qualitative und mengenmässige Schutz der Grundwasservorkommen ins Zentrum der Bemühungen. Das Gesetz sah Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzareale vor<sup>520</sup>. Die Kantone wurden beauftragt, ihr Gebiet je nach Gefährdung unterschiedlichen Gewässerschutzbereichen zuzuordnen und kartographisch darzustellen.

Bezüglich des Trinkwasserschutzes wurde als erstes das Problem der pathogenen Bakterien erkannt<sup>521</sup>. Die Schutzzone S2 wurde in der Wegleitung zur Ausscheidung von Gewässerschutzbereichen, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzarealen (Bundesamt für Umweltschutz 1977) so definiert, dass die Verweildauer des Wassers innerhalb dieser Zone mindestens 10 Tage betragen soll. Dieser Zeitraum soll das Absterben eines Grossteils der Bakterien sicherstellen. In Bezug auf Unfälle mit wassergefährdenden Flüssigkeiten können diese 10 Tage als Interventionszeit dienen<sup>522</sup>.

---

<sup>515</sup> Küry et al. 2000

<sup>516</sup> Brunner 1997

<sup>517</sup> Küry et al. 2000

<sup>518</sup> Brunner 1997

<sup>519</sup> Brunner 1997

<sup>520</sup> Brunner 1997

<sup>521</sup> Merkli 1975 mitgeteilt durch Hoehn, Eawag

<sup>522</sup> BUWAL 2004 mitgeteilt durch Hoehn, Eawag

---

## 1.1 Aktuelle Gewässerschutzgesetzgebung

Die 1971 eingeführten Instrumente des planerischen Gewässerschutzes (Gewässerschutzbereiche, Grundwasserschutzzone und -Areale) waren wirkungsvoll, so dass bei der Revision des Gewässerschutzgesetzes vom 24. Januar 1991 (GSchG; SR 814.20) keine inhaltlichen Änderungen beim planerischen Gewässerschutz erfolgten<sup>523</sup>. So besteht nach wie vor die Verpflichtung der Kantone, ihr Gebiet nach der Gefährdung in Gewässerschutzbereiche einzuteilen und Grundwasserschutzzone für die im öffentlichen Interesse liegenden Fassungen auszuscheiden sowie die notwendigen Eigentumsbeschränkungen festzulegen (Art. 19 ff. GSchG). Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV; SR 814.201) enthält dazu präzisierende Vorschriften, insbesondere über die zum Schutz der Gewässer notwendigen Massnahmen in den besonders gefährdeten Bereichen (Art. 29 ff. und Anhang 4 GSchV).

Das Gewässerschutzgesetz von 1991 und die Gewässerschutzverordnung von 1998 integrieren verschiedene Themen, wie die Wasserführung, die Gewässerstruktur oder die Lebensgemeinschaften in Gewässern<sup>524</sup>. Zusätzlich zu den Mindestanforderungen an die Wasserqualität werden auch ökologische Zielvorgaben an Oberflächengewässer und Grundwasser (Anhang 1 GSchV) sowie zur Gewährleistung angemessener Restwassermengen in Fließgewässern (Art. 29 ff. GSchG) gestellt.

Ebenfalls sind Bestimmungen bezüglich des mengenmässigen Grundwasserschutzes enthalten (Art. 43 und 44 GSchG sowie Anhang 4 Ziffer 2 GSchV)<sup>525</sup>, beispielsweise durch die Beschränkung von Einbauten ins Grundwasser.

Für den Schutz von Trinkwasserfassungen vor Verunreinigung mit mobilen Stoffen ist vor allem der Zuströmbereich als neues Instrument des planerischen Gewässerschutzes zu nennen. Mit Artikel 62a GSchG wurde es möglich, dass der Bund Abgeltungen an landwirtschaftliche Massnahmen zur Verhinderung der Abschwemmung und Auswaschung von Stoffen leistet, wenn unter anderem die Kantone die Zuströmbereiche rechtsgültig ausgeschieden haben<sup>526</sup>.

---

<sup>523</sup> Brunner 1997

<sup>524</sup> Küry et al. 2000

<sup>525</sup> Brunner 1997

<sup>526</sup> Michel 2001

---

## 2 Wirksamkeit und Bedeutung des planerischen Grundwasserschutzes

### 2.1 Ziel des planerischen Grundwasserschutzes

Die Grundwasserqualität ist unter anderem durch die Auswaschung und Versickerung von Nährstoffen, Pflanzenschutzmitteln und andern Spurenstoffen, durch Schadstoffeinträge aus Unfällen verschiedenster Art oder durch den Eintrag von wasserlöslichen Schadstoffen aus der Luft (z.B. Lösungsmittel, Nährstoffe, Treibstoffzusätze,...) gefährdet. Der planerische Grundwasserschutz will diese Gefährdungen minimieren.

Während der Gewässerschutzbereich  $A_U$  das gesamte nutzbare Grundwasservorkommen schützen soll, steht bei den Grundwasserschutzzonen S1 bis S3 sowie dem unterirdischen Zuströmbereich  $Z_U$  der fassungsbezogene Schutz im Zentrum. Der Zuströmbereich  $Z_U$  soll ausgeschlossen werden, wenn das Grundwasser durch mobile und persistente Stoffe wie Nitrat, Pflanzenschutzmittel, Lösungsmittel etc. verunreinigt ist oder verunreinigt werden könnte (Art. 29 Abs. 1 Bst. d GSchV)<sup>527</sup>. Der Zuströmbereich soll also vor allem den qualitativen Schutz bzw. die Sanierung der genutzten Grundwasservorkommen sicherstellen, während der Bereich  $A_U$  vor allem den quantitativen Zustand aller nutzbaren Grundwasservorkommen sicherstellen soll<sup>528</sup>. Der Zuströmbereich umfasst jenen Bereich, von welchem ungefähr 90% des Grundwassers stammen, das in einer Grundwasserfassung gefördert wird (Anhang 4 Ziff. 113 GSchV). In der Praxis gibt er das Gebiet an, in welchem Sanierungsmassnahmen notwendig werden<sup>529</sup>. Grundwasserschutzareale schliesslich, sollen für eine zukünftige Grundwassernutzung den Raum für ausreichend dimensionierte Grundwasserschutzzonen sichern<sup>530</sup>.

Anliegen des Grundwasserschutzes müssen mit anderen raumplanerischen Interessen abgestimmt und koordiniert und in der Richt- und Nutzungsplanung integriert werden<sup>531</sup>.

### 2.2 Umsetzung des planerischen Grundwasserschutzes

Die Grundwasserschutzzonen und -areale werden anhand von hydrogeologischen Untersuchungen bemessen, von den Kantonen erlassen und in den kantonalen Gewässerschutzkarten dargestellt. Bei der Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen werden ein detaillierter Schutzzonenplan und ein Schutzzonenreglement, welches die erforderlichen Schutzmassnahmen und Nutzungsbeschränkungen enthält, erlassen<sup>532</sup>.

---

<sup>527</sup> Hoehn et al. 1994, Michel 2001

<sup>528</sup> Michel 2001

<sup>529</sup> Michel 2001

<sup>530</sup> BUWAL 2004

<sup>531</sup> BUWAL 2004

<sup>532</sup> BUWAL 2004

Bei Lockergesteins-Grundwasserleitern wird die Schutzzone S2 so ausgeschieden, dass das von ausserhalb einströmende Grundwasser mindestens 10 Tage in der Schutzzone verweilt, bevor es zur Fassung gelangt (Anhang 4 Ziff. 124 Abs. 2 Bst. a GSchV). Gemäss der Wegleitung Grundwasserschutz (BUWAL 2004), soll bei der Durchführung eines Markierversuchs in der Regel die „dominierende Verweildauer“<sup>533</sup> massgeblich sein, bei sehr heterogenen Grundwasserleitern jedoch die minimale Verweildauer<sup>534</sup>.

Karst-Grundwasserleiter sind durch ihre speziellen hydraulischen und hydrogeologischen Merkmale gegenüber Verschmutzung besonders gefährdet<sup>535</sup>. Auch Kluft-Grundwasserleiter haben andere Eigenschaften als die im Mittelland mengenmässig häufigsten Lockergesteins-Grundwasserleiter. Bei diesen beiden Typen von Grundwasserleitern ist nicht die Verweildauer sondern die Vulnerabilität (Anhang 4 Ziff. 123 Abs. 3 GSchV)<sup>536</sup> des Grundwassers für die Bemessung der Schutz-zonen entscheidend.

Die Schutzmassnahmen und Nutzungsbeschränkungen müssen insbesondere den Besitzern der betroffenen Parzellen, bzw. deren Pächtern, mitgeteilt werden. Diese können dagegen die üblichen Rechtsmittel ergreifen, so dass im Konfliktfall ein Gericht über die Rechtmässigkeit der Auflagen oder gegebenenfalls über materielle Entschädigungsansprüche entscheidet. Die Kantone regeln das Verfahren. Die Nutzungsbeschränkungen müssen in vielen Fällen im Grundbuch festgeschrieben werden<sup>537</sup>.

Der starke Nutzungsdruck in der Schweiz erschwert den Vollzug des planerischen Grundwasserschutzes<sup>538</sup>. Zwischen den Kantonen gibt es erhebliche Unterschiede in der Umsetzung der Schutz-zonenpflicht<sup>539</sup>. Dies zeigt sich beispielsweise bei undifferenzierten Schutz-zonen<sup>540</sup>. Diese machen in einigen Kantonen bis zur Hälfte der Schutz-zonen aus, während andere Kantone keine undifferenzierten Schutz-zonen ausscheiden<sup>541</sup>. Eine Hochrechnung des BAFU ergab, dass von allen engeren Schutz-zonen (S2) bis heute ungefähr 70 % rechtskräftig und die restlichen 30 % provisorisch ausgeschieden wurden<sup>542</sup>. In Abb. 11 ist der rechtliche Status der Grundwasserschutz-zonen in den verschiedenen Kantonen ersichtlich.

---

<sup>533</sup> Konzentrationspeak beim Durchbruch aus einer pulsformigen Eingabe des Markierstoffs

<sup>534</sup> Hoehn, Eawag

<sup>535</sup> Kaçaroğlu 1999

<sup>536</sup> Verschmutzungsempfindlichkeit (Zwahlen 2004)

<sup>537</sup> Hoehn, Eawag

<sup>538</sup> Hoehn 2000

<sup>539</sup> Hartmann, BAFU

<sup>540</sup> Schutz-zonen, welche nicht näher in S1, S2 oder S3 aufgeteilt wurden. In der Regel handelt es sich dabei um provisorische Schutz-zonen, die oft ohne hydrogeologische Studien bestimmt wurden.

<sup>541</sup> Helg 2007

<sup>542</sup> Helg 2007

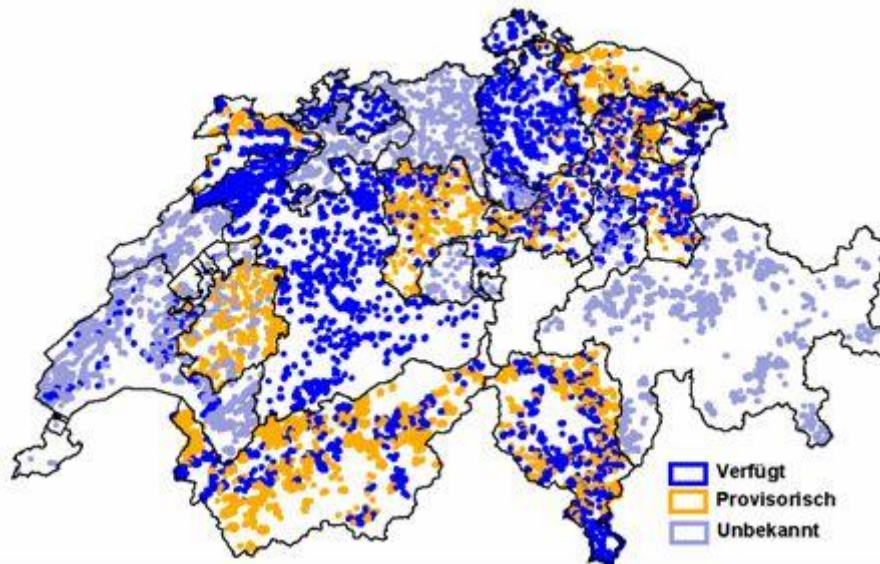


Abb. 11: Rechtlicher Status der Grundwasserschutzzonen<sup>543</sup>

In gewissen Kantonen entsprechen die in den Schutzzonenreglementen festgelegten Nutzungsbeschränkungen nicht den Anforderungen der Gewässerschutzverordnung<sup>544</sup>. So ist beispielsweise das Gülleverbot in der engeren Schutzzone nicht überall festgeschrieben. Auch bestehen teilweise zonenwidrige Bauten und Anlagen, die nicht ohne weiteres rückgebaut werden können<sup>545</sup>.

### 2.3 Auswirkungen des planerischen Grundwasserschutzes auf die Grundwasserqualität

Einschätzungen des BAFU zufolge, sind Schutzmassnahmen im Bereich des Grundwasserschutzes zweckdienlich<sup>546</sup>. In Bezug auf Verunreinigungen durch Bakterien und bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen können durch die Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen und die Umsetzung der gesetzlich festgeschriebenen Massnahmen positive Effekte angenommen werden<sup>547</sup>.

Bei der Evaluation der Effizienz von getroffenen Massnahmen ergibt sich die Schwierigkeit, dass Grundwasser auf Verunreinigungen eher träge (d.h. verzögert und amplitudengedämpft) reagiert. So verstreichen im Falle von Nitrat meist viele Jahre bis die Wirkung von Massnahmen sichtbar wird<sup>548</sup>.

Es sind somit über längere Zeit gleich bleibende Beobachtungsnetze nötig, um Wirkungen von Schutzmassnahmen zu erkennen<sup>549</sup>.

<sup>543</sup> Helg 2007

<sup>544</sup> WWA Bern (unveröffentlicht)

<sup>545</sup> WWA Bern (unveröffentlicht)

<sup>546</sup> Hartmann, BAFU

<sup>547</sup> Michel 2001

<sup>548</sup> von Gunten, Eawag

<sup>549</sup> Hartmann, BAFU

---

In der GSchV von 1998 wurde das Instrument des Zuströmbereichs eingeführt. Meist steht bei der Ausscheidung von Zuströmbereichen die Nitratsanierung nach Artikel 62a GSchG im Zentrum. Diese Sanierungen einzelner Fassungseinzugsgebiete mit Hilfe finanzieller Beiträge des Bundes zeigen zum Teil Erfolge<sup>550</sup>. Vom Instrument des Zuströmbereichs wird hingegen noch wenig Gebrauch gemacht, wenn es um Pflanzenschutzmittel geht<sup>551</sup>.

Da Nitrat im Grundwasser zu ca. drei Vierteln aus der Landwirtschaft stammt<sup>552</sup>, sollte sich die Ökologisierung in der Landwirtschaft positiv auf die Nitratwerte im Grundwasser auswirken. Im bundesweiten Messnetz NAQUA findet sich jedoch kein entsprechender gesamtschweizerischer Trend. Da im Boden noch grosse Stickstoffmengen gespeichert sind und die Datenreihe des NAQUA erst kurz zur Verfügung steht, ist eine fundierte Aussage über die Entwicklung der Nitratwerte noch nicht möglich<sup>553</sup>.

Dennoch sind beispielsweise im Kanton Zürich deutliche Trends erkennbar. In Abb. 2 ist zu sehen, dass im Kanton Zürich die Nitratkonzentrationen von 1993 bis 2003 gesunken und ab dann wieder gestiegen sind. Mögliche Gründe für erneut steigende Nitratkonzentrationen im Grundwasser könnten klimatische Effekte sein<sup>554</sup>. Nach dem Hitzesommer 2003 ist eine verstärkte Nitratmobilisierung im Boden wahrscheinlich. Aber auch die gelockerten Vorschriften für den Ökologischen Leistungsnachweis in der Landwirtschaft (ÖLN) könnten eine höhere Stickstofffreisetzung verursachen<sup>555</sup>.

---

<sup>550</sup> Abgeltungen an Massnahmen der Landwirtschaft zur Verhinderung der Abschwemmung und Auswaschung von Stoffen (BUWAL/ BWG 2004)

<sup>551</sup> Hartmann, BAFU

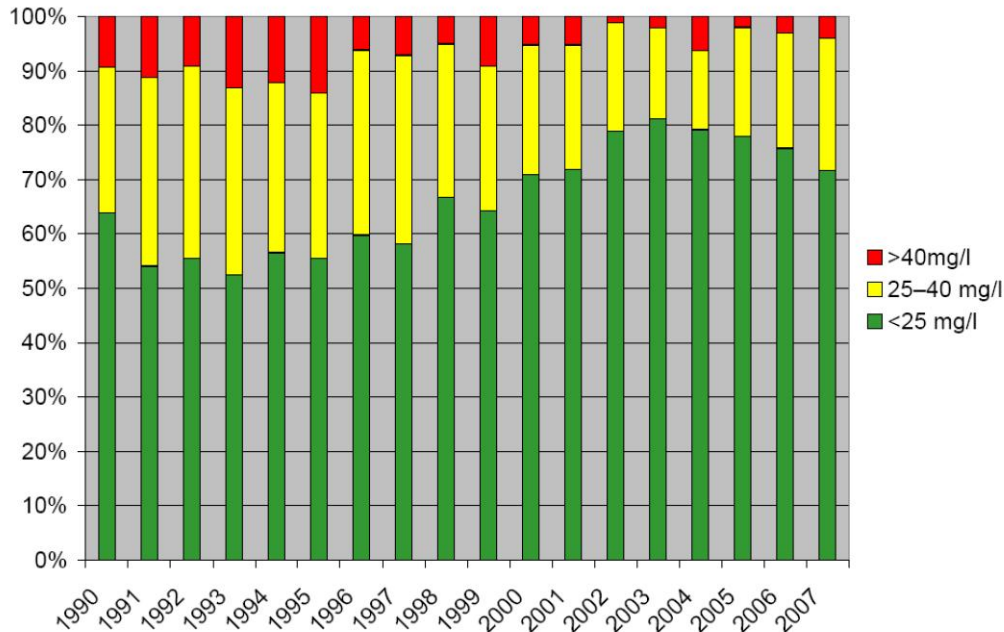
<sup>552</sup> BUWAL/ BLW 1996

<sup>553</sup> BUWAL/ BWG 2004

<sup>554</sup> Gehring, AWEL

<sup>555</sup> Gehring, AWEL

Anteil Trinkwasserfassungen (%)



25 mg Nitrat/l: Qualitätsziel (Erfahrungswert gemäss Schweizerischem Lebensmittelbuch/SLMB)  
 40 mg Nitrat/l: Toleranzwert gemäss der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV)

Abb. 12: Grundwasserqualität im Kanton Zürich 1990 bis 2007, Anteil der Trinkwasserfassungen, welche Qualitätsziel bzw. Toleranzwert erfüllen<sup>556</sup>.

In den letzten Jahrzehnten wurde bei zahlreichen Grundwasserfassungen die Trinkwassernutzung aufgegeben, wenn sie zu hohe Schadstoffgehalte aufwiesen (Nitrat, Pflanzenschutzmittel, chlorierte Lösungsmittel usw.)<sup>557</sup>. Auch heute werden solche Fassungen häufig stillgelegt statt saniert. Welchen Anteil diese Praxis an der momentan beobachteten, mehrheitlich guten Grundwasserqualität hat, kann nicht quantifiziert werden, da keine Untersuchungen zu diesen aufgegebenen Grundwasservorkommen existieren und die betroffenen Grundwasserfassungen meist nicht mehr beprobt werden (können)<sup>558</sup>.

<sup>556</sup> Quelle: AWEL

<sup>557</sup> Muralt, BAFU

<sup>558</sup> Muralt, BAFU

---

## 3 Wirksamkeit und Bedeutung anderer Gewässerschutzmassnahmen

### 3.1 Flächendeckender Grundwasserschutz

Das Grundwasser soll mit seiner geologisch-hydrogeologischen Umgebung und mit seinen chemisch-biologischen Eigenschaften bewahrt werden<sup>559</sup>. Deshalb enthält auch der flächendeckende Grundwasserschutz Massnahmen bezüglich der Qualität und der Quantität des Grundwassers. Die allgemeine Sorgfaltspflicht, die Artikel 3 GSchG vorsieht, bezieht sich auf beide Aspekte. Dem flächendeckenden qualitativen Schutz dienen z.B. das Verunreinigungsverbot und das Qualitätsziel der naturnahen und standortgerechten Biozönose.

Dem quantitativen Grundwasserschutz hingegen dienen beispielsweise das Verbot einer dauerhaften Absenkung des Grundwasserspiegels, Beschränkungen bei Einbauten in Grundwasserleiter, die Bewilligungspflicht bei Materialausbeutung oder die Einhaltung der Restwasservorschriften<sup>560</sup>.

### 3.2 Bedeutung von Gewässerschutzmassnahmen für Oberflächengewässer

Gewässerschutzmassnahmen, welche die Qualität der Oberflächengewässer verbessern, können auch für die Trinkwasserversorgung bedeutend sein. Dies gilt insbesondere für Seen, die direkt als Trinkwasserressource dienen sowie für Wasserfassungen an Fliessgewässern, bei welchen der Anteil an Flussinfiltrat hoch ist<sup>561</sup>.

Von einigen grösseren Schweizer Flüssen, wie der Glatt, der Thur oder der Aare wurde der mengenmässige Infiltratanteil im Grundwasser in Abhängigkeit des Abflusses im Oberflächengewässer quantifiziert<sup>562</sup>. Viele kleinere Fliessgewässer führen (vor allem nach längeren Trockenperioden) fast ausschliesslich exfiltriertes Grundwasser<sup>563</sup>.

Manche Grundwasserfassungen in den Lockergesteins-Grundwasserleitern der Schotterebenen im schweizerischen Mittelland wurden wegen der Ergiebigkeit in der Nähe von Fliessgewässern gebaut<sup>564</sup>. Falls der Anteil von Flussinfiltrat am Rohwasser dieser Pumpstationen hoch ist, können Problemstoffe wie z.B. Arzneimittel oder andere Mikroverunreinigungen sowie pathogene Keime in die Fassung gelangen<sup>565</sup>.

---

<sup>559</sup> BUWAL 2004

<sup>560</sup> BUWAL 2004

<sup>561</sup> Hoehn et al. 2007

<sup>562</sup> z.B. Hoehn & Bundi 1983, Cirpka et al. 2007, Schwarzenbach et al. 1983

<sup>563</sup> Mural, BAFU

<sup>564</sup> Hoehn et al. 2007

<sup>565</sup> Cirpka et al. 2007



In Bezug auf Nitrat ist aber auch der umgekehrte Effekt bekannt, dass durch Grundwasserexfiltration die Qualität des Fließgewässers beeinflusst wird. In Abb. 13 sind die Entwicklungen der Nitratkonzentrationen in bestimmten Fließgewässern zu sehen. Dabei sind nur in bestimmten Flüssen eindeutige Trends erkennbar. Welche Faktoren diesen Trends zugrunde liegen, kann von Fluss zu Fluss verschieden sein.

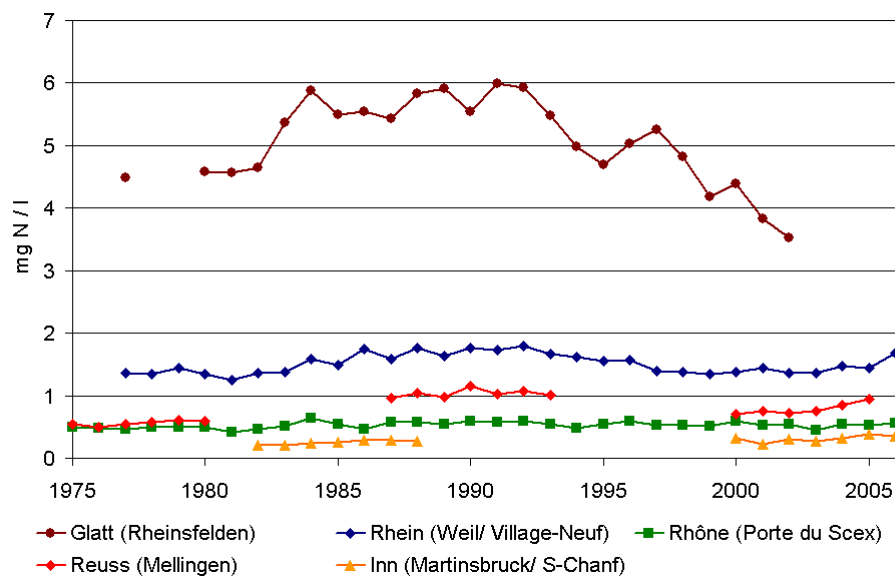


Abb. 13: Entwicklung des Nitratgehalts (Jahresmittelwerte) in ausgewählten Flüssen in mg/l<sup>566</sup>

Einfluss auf die Qualität des Grundwassers können auch Revitalisierungen von Fließgewässern haben. Zu diesem Thema siehe im Kapitel ‚Qualität‘ → Interessenskonflikte.

Seen spielen für die Grundwasserqualität eine untergeordnete Rolle, da sie hydrologisch meist vom Grundwasser getrennt sind<sup>567</sup>. Ausnahmen davon ergeben sich, wenn Seesedimente in der Nachbarschaft von Grundwasserfassungen (z.B. in Flussdeltas) durch Bauarbeiten künstlich verletzt werden. Ebenfalls ist die positive Wirkung von Gewässerschutzmassnahmen in Bezug auf die Badewasserqualität erwähnenswert.

Schliesslich können neu auftretende Stoffe in Oberflächengewässern Hinweise auf zukünftige Grundwassergefährdungen geben. Solche Stoffe werden häufig zuerst in Oberflächengewässern erkannt, da das Grundwasser bedeutend träger reagiert<sup>568</sup>.

<sup>566</sup> Daten aus [www.naduf.ch](http://www.naduf.ch)

<sup>567</sup> Hoehn, Eawag

<sup>568</sup> Hoehn, Eawag

## Abwasserentsorgung

Die ersten Gewässerschutzbestimmungen betrafen Abwassereinleitungen in Oberflächengewässer. Heute hat die Abwasserreinigung in der Schweiz einen sehr hohen Stand erreicht. Im Gegensatz zu 1965, wo nur etwa 14% der Bevölkerung in der Schweiz an einer zentralen Kläranlage angeschlossen waren, waren es 2005 97%<sup>569</sup>. Der Zustand der Gewässer in der Schweiz hat sich aufgrund dessen erheblich verbessert<sup>570</sup>. Die weitergehende Abwasserreinigung konnte dazu beitragen, dass viele Seen von einem eutrophen in einen mesotrophen, in einigen Fällen, z.B. beim Vierwaldstättersee, sogar in einen oligotrophen Zustand zurückgeführt werden konnten. Trotzdem können Einleitungen von Kläranlagen die Qualität des Oberflächenwassers und damit - bei Infiltration von Flusswasser - auch die Grundwasserqualität in der Nähe von Fließgewässern beeinflussen<sup>571</sup>.

Um das hohe Niveau in der Abwasserreinigung und -entsorgung zu halten, sind Gemeinden und andere Körperschaften gefordert: Die bestehenden Infrastrukturen müssen unterhalten werden. Schon heute sind etwa 23% der Abwasserkanäle substantiell beschädigt<sup>572</sup>. Zusammen mit den Liegenschaftsentwässerungen müssen Infrastrukturen im Wert von rund 23 Mrd. CHF in den nächsten 10 Jahren saniert werden<sup>573</sup>. Diese Aufgabe (über-)strapaziert die heutigen öffentlichen Organisationsstrukturen des Gewässerschutzes (Gemeinden, Kantone & Bund)<sup>574</sup>.

Eine weitere Herausforderung für die Abwasserwirtschaft stellen organische Spurenstoffe dar. Dies sind beispielsweise Pflanzenschutzmittel, Biozide, Medikamentenrückstände, hormonaktive Stoffe, Bestandteile von Körperpflegeprodukten oder Reinigungsmitteln. Einige dieser Stoffe sind sehr mobil und persistent und können auch ins Grundwasser gelangen<sup>575</sup>. Ob und wie eine weitergehende Abwasserreinigung solche Mikroverunreinigungen eliminieren kann, wird im Moment intensiv untersucht. Ebenfalls stellt die unsachgemässe Versickerung von Regenwasser eine potenzielle Verschmutzungsquelle dar.

## Landwirtschaft

Während Stickstoffeinträge (als Ammonium oder Nitrat) in Oberflächengewässern zu einem Grossteil aus Verkehr, Haushalten und Industrie stammen, ist Stickstoff (in Form von Nitrat) im Grundwasser zu drei Vierteln landwirtschaftlichen und zu rund einem Viertel natürlichen Ursprungs<sup>576</sup>. Massnahmen in der Landwirtschaft sind deshalb für die Trinkwasserversorgung besonders wichtig.

<sup>569</sup> [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)

<sup>570</sup> [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)

<sup>571</sup> Cirpka et al. 2007

<sup>572</sup> Herlyn 2007

<sup>573</sup> Wiederbeschaffungswerte der zu sanierenden Abwasserinfrastruktur: Öffentliche Kanalisation: 12.6 Mrd.; Liegenschaftsentwässerung: 8.4 Mrd.; ARA: 2 Mrd. Information: Maurer, Eawag

<sup>574</sup> Maurer, Eawag

<sup>575</sup> Hanke et al. 2007

<sup>576</sup> BUWAL/ BLW 1996. Unter „natürlichen Quellen“ wurden dabei auch verschiedene anthropogene Tätigkeiten subsumiert, welche zu erhöhten natürlichen Stickstofffrachten führen, so z.B. die Auswaschung von aus der Tierhaltung stammenden Ammoniakemissionen oder Stickstoffemissionen aus Verkehr und Industrie.

Das Gewässerschutzgesetz von 1991 brachte wesentliche Verbesserungen bezüglich des qualitativen Gewässerschutzes, insbesondere im Bereich der landwirtschaftlichen Massnahmen. So ist beispielsweise die Einschränkung der Hofdüngerproduktion durch die Begrenzung der Nutztierdichte zu nennen<sup>577</sup>, bzw. die Pflicht, die auf einem Landwirtschaftsbetrieb fehlenden düngbaren Nutzflächen mit schriftlichen Abnahmeverträgen ausserbetrieblich zu sichern (Art. 13 Abs. 4 GSchG)<sup>578</sup>.

Zusätzlich zur Gewässerschutzgesetzgebung ist für eine Verbesserung der Gewässerqualität auch die Direktzahlungsverordnung vom 7. Dezember 1998 (SR 910.13) zu nennen. Sie bietet die Möglichkeit, Landwirten für freiwillige ökologische Massnahmen, welche über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehen, Abgeltungen auszurichten<sup>579</sup>. Die Auswirkungen dieser Massnahmen auf die Oberflächengewässer sind jedoch schwierig abzuschätzen.

### 3.3 Quantitativer Gewässerschutz

Bauliche Eingriffe in den Grundwasserleiter können die natürlichen Strömungsverhältnisse des Grundwassers verändern. Die Grundwassermenge wird auch durch Drainagen, Bodenverdichtungen und Wasserentnahmen verändert<sup>580</sup>. Bei einem hohen Versiegelungsgrad ist die Versickerung und damit die Grundwasserneubildung vermindert<sup>581</sup>. Diese Gefährdungen will die Gewässerschutzgesetzgebung einerseits mit Massnahmen bezüglich der Grundwasserentnahme und -Bewirtschaftung, andererseits mit Vorschriften bezüglich Bauten und Bauarbeiten minimieren (Art. 43 GSchG)<sup>582</sup>. Die genannten Gefährdungen wirken sich meist lokal auf das Grundwasser aus<sup>583</sup>. Schliesslich sind auch die Restwasserbestimmungen (Art. 29 ff. GSchG) sowie die Bestimmungen bezüglich Verbauung von Fliessgewässern (Art. 37 GSchG) für die Grundwasserneubildung relevant, da die Interaktionen zwischen Grundwasser und Fliessgewässer eine grosse Rolle spielen können<sup>584</sup>.

### 3.4 Weitere Bestimmungen mit Relevanz für den Gewässerschutz

Gefährdungen durch Schadstoffe z.B. aus Siedlungen, Industrien, Altlasten oder Verkehrswegen werden auch in weiteren Verordnungen geregelt:

- Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung vom 18. Mai 2005 (ChemRRV; SR 814.81)
- Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo; SR 814.12)
- Technische Verordnung vom 10. Dezember 1990 über Abfälle (TVA; SR 814.600)
- Altlasten-Verordnung vom 26. August 1998 (AltIV; SR 814.680)

---

<sup>577</sup> Michel 2001

<sup>578</sup> Meylan, BAFU

<sup>579</sup> Gassner 2006

<sup>580</sup> BUWAL 2004

<sup>581</sup> Hoehn & Bundi 1983

<sup>582</sup> Spreafico & Weingartner 2005

<sup>583</sup> Hartmann, BAFU

<sup>584</sup> Fette et al. 2004

---

## 4 Grundwassermanagement

Um ein Grundwasservorkommen zu bewirtschaften, sind grundlegende Kenntnisse darüber nötig, wie gross die Grundwasserneubildung ist, wie gut die Grundwasserqualität ist, und wie viel Wasser durchschnittlich genutzt wird<sup>585</sup>. Informationen über die Grundwasservorkommen können in hydrogeologischen Karten und in Grundwasserkarten enthalten sein. Grundwasserkarten beinhalten Informationen über Ausdehnung, Mächtigkeit, Fliessrichtung, etc. der Grundwasservorkommen und stellen für die Grundwasserbewirtschaftung und für die Beurteilung von grundwasserrelevanten Tätigkeiten ein wichtiges Instrument dar<sup>586</sup>. Gewässerschutzkarten, in welchen neben den nutzbaren Grundwassergebieten die Grundwasserschutzzonen und Gewässerschutzbereiche abgebildet sind, bilden eine weitere wichtige Grundlage für die Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen<sup>587</sup> und die Beurteilung von grundwasserrelevanten Tätigkeiten.

Detaillierte Kenntnisse über Grundwasserneubildung, die Grundwasserqualität und die durchschnittlich genutzte Wassermenge sind aber nicht bei allen Kantonen vorhanden<sup>588</sup>. Gesamtschweizerische Schätzungen der Grundwasservorkommen, wie jene von Schädler (1995) sind auf regionaler Ebene wenig nützlich. Da die Gemeinden dafür verantwortlich sind, dass genügend Trinkwasser für Haushalte und Gewerbe zur Verfügung gestellt wird, beschränken sich die Kantone oft auf eine Regulierung mittels Raumplanung<sup>589</sup>. Der Bund hat durch den Wasserversorgungsatlas gewisse Informationen über die Grundwasservorkommen und deren Mächtigkeiten. Die Informationen sind jedoch kaum ausreichend, um einen Überblick über die Grundwasservorkommen in den Kantonen zu erhalten<sup>590</sup>.

## 5 Entwicklungstendenzen

Planerischer Grundwasserschutz:

- Der planerische Grundwasserschutz mit den Gewässerschutzbereichen, den Grundwasserschutzzonen S1-S3 und den Grundwasserschutzarealen ist ausgereift und hat sich gemäss Experteneinschätzung bezüglich Gefährdung sowohl durch pathogene Keime wie auch durch Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen bewährt<sup>591</sup>.
- Direkte Zusammenhänge zwischen Schadstofftrends und Schutzmassnahmen sind aufgrund der heutigen Datenlage jedoch schwierig herzustellen. Dies gilt nicht nur für Nitrat sondern auch für Spurenstoffe. Um den Erfolg der Bestimmungen des planerischen Grundwasser-

---

<sup>585</sup> Hartmann, BAFU

<sup>586</sup> BUWAL 2004

<sup>587</sup> Hoehn, Eawag

<sup>588</sup> Hartmann, BAFU

<sup>589</sup> Hartmann, BAFU

<sup>590</sup> Hartmann, BAFU

<sup>591</sup> Hoehn, Eawag

schutzes besser als bisher beurteilen zu können, müssen die vielen bestehenden Daten über das Grundwasser besser verwaltet und aufbereitet werden<sup>592</sup>.

- Es ist noch nicht abzusehen, in wie weit die Kantone in Zukunft von der Möglichkeit Gebrauch machen, vermehrt Zuströmbereiche für die Sanierung der Gewässer bezüglich schwer abbaubarer Stoffe wie Nitrat oder Pflanzenschutzmittel auszuscheiden.
- Aufgrund der Datenlage beim Bund ist es nur schwer möglich abzuschätzen, wie gut die Bestimmungen des planerischen Grundwasserschutzes umgesetzt werden. In etlichen Kantonen bestehen jedoch noch immer zahlreiche provisorische und undifferenzierte Grundwasserschutz-zonen oder so genannte Schutzzonen mit „beschränkter Wirkung“<sup>593</sup>. Einzelne Fallbeispiele lassen vermuten, dass in diesen Schutzzonen die bundesrechtlichen Schutzvorschriften oft nicht oder nur ungenügend umgesetzt werden<sup>594</sup>. Insbesondere für kleinere Wasserversorgungen ist die Schutzzonenausscheidung oft sehr teuer<sup>595</sup>. Es ist unklar, in wie weit sich dies auf den Vollzug der Bestimmungen auswirkt. Die Ausscheidung von Schutzzonen sollte vermehrt in eine Gesamtplanung der Wasserversorgung integriert werden. Ebenfalls wäre eine Untersuchung der Kosten und des Nutzens der Schutzzonen angebracht.
- Die Kantone haben sehr unterschiedliche Kenntnisse über Kennzahlen der Grundwasserbewirtschaftung, so dass auch der Bund darüber keinen Überblick haben kann. Es sollte festgelegt werden, welche Informationen für eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung notwendig sind.
- Der Einfluss der technischen Gewässerschutzmassnahmen auf die schweizerische Trinkwasserversorgung kann nicht quantifiziert werden. Es ist jedoch offensichtlich, dass eine Verschlechterung des Gewässerschutzes auch einen Einfluss auf die Trinkwasserversorgung haben würde. Im Bereich Abwasserentsorgung sind dabei die folgenden Entwicklungen massgebend:
  - Durch den Bau von Abwasserreinigungsanlagen konnte die Gewässerqualität erheblich verbessert werden<sup>596</sup>. Ein erheblicher Anteil der Abwasserinfrastruktur ist jedoch beschädigt und sollte längerfristig erneuert werden<sup>597</sup>, was zu volkswirtschaftlich relevanten Kosten in Milliardenhöhe führt.
  - Als weitere Herausforderung für die Abwasserentsorgung sind Spurenstoffe zu nennen<sup>598</sup>. Das Verhalten und die Wirkung von pharmazeutischen Stoffen, Körperpflegeprodukten, endokrin wirksamen Stoffen etc. in der Umwelt sind grösstenteils unbekannt<sup>599</sup>.

<sup>592</sup> Hoehn, Eawag

<sup>593</sup> Murali; BAFU

<sup>594</sup> Murali; BAFU

<sup>595</sup> Hoehn, Eawag

<sup>596</sup> BAFU/ BfS 2007

<sup>597</sup> Herlyn 2007

<sup>598</sup> von Gunten, Eawag

<sup>599</sup> Schirmer et al. 2007

---

Gegenwärtig wird untersucht, ob bestimmte Abwässer in Zukunft mit einer kombinierten Desinfektion/ Entfernung von Spurenstoffen weitergehend aufbereitet werden sollen<sup>600</sup>.

- Bei Regenwetter und Hochwasser wird oft ein Teil des Abwassers ungeklärt in Fließgewässer eingeleitet (Mischwasserentlastungen)<sup>601</sup>. So gelangen unerwünschte Stoffe und Bakterien in Oberflächengewässer, wo sie nebst der aquatischen Flora und Fauna auch die Badewasserqualität beeinträchtigen können<sup>602</sup>.

---

<sup>600</sup> von Gunten, Eawag

<sup>601</sup> Höhn, Eawag

<sup>602</sup> Kreikenbaum et al. 2004

---

## 6 Referenzen und Quellen

Brunner, A. (1997): Grundwasserschutzzonen nach eidgenössischem und zugerischem Recht unter Einschluss der Entschädigungsfrage. Dissertation der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich.

Bundesamt für Umwelt BAFU/ Bundesamt für Statistik BfS (Hrsg., 2007): Umwelt Schweiz. Bundesamt für Umwelt / Bundesamt für Statistik. Bern und Neuchâtel.

<http://www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/phptRvliO.pdf> (1. November 2007)

Bundesamt für Umwelt BUWAL (Hrsg., 2004): Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL / Bundesamt für Landwirtschaft BLW (1996): Strategie zur Reduktion von Stickstoffemissionen. Schriftenreihe Umwelt Nr. 273. Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL / Bundesamt für Wasser und Geologie BWG (2004): NAQUA - Grundwasserqualität in der Schweiz 2002/2003. Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (1994): Umweltbericht 1993 - Zur Lage der Umwelt in der Schweiz. Bern.

Bundesamt für Umweltschutz (1977): Wegleitung zur Ausscheidung von Gewässerschutzbereichen, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzzonen. Bern.

Cirpka, O.A.; Fienen, M.N.; Hofer, M.; Hoehn, E.; Tessarini, A.; Kipfer, R.; Kitanidis, P.K. (2007): Analysing Bank Filtration by Deconvoluting Time Series of Electric Conductivity. *Ground Water* 45(3). 318-328.

Fette, M.; Hoehn, E.; Wehrli, B. (2004): Infiltration von Flusswasser ins Grundwasser. *Wasser Energie Luft* 96(11/12). 301-304.

Gassner, A. (2006): Gewässerschutzbestimmungen in der Landwirtschaft. Ein internationaler Vergleich. *Umwelt-Wissen* Nr. 0618. Bundesamt für Umwelt. Bern.

<http://www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/php0IHlf2.pdf> (26. September 2007)

Hanke, I.; Singer, H.; Mc Ardell, C.; Brennwald, M.; Traber, D.; Muralt, R.; Herold, T.; Oechslin, R.; Kipfer, R. (2007): Arzneimittel und Pestizide im Grundwasser. *gwa* 3. 187-196.

Helg, U. (2007): Auswertung zum Vollzug des planerischen Gewässerschutzes bei den Kantonen. Bundesamt für Umwelt BAFU. Referenz/Aktenzeichen: G465-1396.

Herlyn, A. (2007): Status Quo der Schweizer Abwasserentsorgung - Kosten, Zustand und Investitionsbedarf. *gwa* 3. 171-176.

Hoehn, E. (2000): Übersicht über das Grundwasser, die wichtigste Trinkwasser-Ressource der Schweiz, *Mitt. Lebensm. Hyg.* 91. 3-10.

Hoehn, E.; Blau, R.V.; Hartmann, D.; Kanz, W.; Leuenberger, H.; Matousek, F.; Zumstein, J. (1994): Der Zuströmbereich als Element eines zeitgemässen Grundwasserschutzes, *gwa* 74(3). 187-193.

---

Hoehn, E.; Bindi, U. (1983): Gefährdung und Schutz des Grundwassers in der Schweiz. Schweizer Ingenieur und Architekt 104(4). 33-41.

Hoehn, E.; Cirpka, O.A.; Hofer, M.; Zobrist, J.; Kipfer, R.; Baumann, M.; Scholtis, A.; Favero, R. (2007). Untersuchungsmethoden der Flussinfiltration, gwa 87(7), 497-505.

Kaçaroğlu, F. (1999): Review of groundwater pollution and protection in karst areas. Water, Air and Soil Pollution 113. 337-356.

Kreikenbaum, S.; Güde, H.; Krejci, V.; Rossi, L. (2004): Hygienische Probleme bei Regenwetter. gwa 11. 807-815.

Küry, D.; Zehringer, M.; Herriott, C. (2000): Gewässerschutz - Erfolgsgeschichte und neue Herausforderungen. 50 Jahre Gewässerschutzverband Nordwestschweiz 1950-2000.

Merkli, B. (1975): Untersuchungen über Mechanismen und Kinetik der Elimination von Bakterien und Viren im Grundwasser. Dissertation an der ETH Zürich Nr. 5420.

Michel, P. (2001): Zuströmbereiche für Grundwasserfassungen: Definition und Zweck - Gesetzliche Grundlagen für die Sanierung. gwa 81(1). 5-9.

Schädler, B. (1995): Fakten zum Wasserhaushalt der Schweiz. Raumplanung Informationshefte 2/1995. 12-15.

Schirmer, M.; Strauch, G.; Schirmer, K.; Reinstorf, F. (2007): Urbane Hydrogeologie - Herausforderungen für Forschung und Praxis. Grundwasser - Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 12. 178-188.

Schwarzenbach, R.P.; Giger, W.; Hoehn, E.; Schneider, J.K. (1983): Behavior of Organic Compounds during Infiltration of River Water to Groundwater. Field Studies. Environmental Science and Technology 17(8). 472-479.

Spreafico, M.; Weingartner, R. (2005): Hydrologie der Schweiz – Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern.

Wasserwirtschaftsamt WWA Kanton Bern (unveröffentlicht): Strategie der Wasserversorgung 2007.

Zwahlen, F. (Hrsg., 2004): Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers – COST Action 620, Final report. European Commission, Rep. EUR 20912. Luxembourg.



---

## **Persönliche Mitteilungen**

Gehring Hanspeter, dipl. Ing. ETH, Gespräch vom 3. April 2008

AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Gewässerschutz  
*Weinbergstrasse 17, 8090 Zürich*

Hartmann Daniel, dipl. sc. nat. ETH, telefonische Auskunft vom 5. November 2007

Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Grundwasserschutz, 3003 Bern

Hoehn Eduard, Dr., Gespräch vom 23. Oktober 2007

Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstr. 133, 8600 Dübendorf

Maurer Max, PD Dr., Gespräch vom 3. Dezember 2007

Eawag, Ingenieurwissenschaften, Überlandstr. 133, Dübendorf

Meylan Benjamin, Dr. phil. nat., Mitteilung per Email vom 14. März 2008

Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Grundwasserschutz, 3003 Bern

Muralt Reto, Dr. phil. nat., schriftliche Mitteilung von Ende März 2008

Bundesamt für Umwelt BAFU, Sektion Grundwasserschutz, 3003 Bern

von Gunten Urs, Prof. Dr., Gespräch vom 6. November 2007

Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstr. 133, 8600 Dübendorf

# Water Policy in Europa

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche Eawag: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz



Bild: [www.iisd.ca](http://www.iisd.ca)

---

## Zusammenfassung

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die für den Gewässerschutz und die Wasserversorgung relevante Gesetzgebung in der Schweiz und der EU, vergleicht die wasserwirtschaftlichen Strukturen der Schweiz mit Deutschland und Holland, welche ebenfalls einen hohen Standard bezüglich des Gewässerschutzes aufweisen. Weiter werden kurz die Wasserversorgungsstrukturen und -Gesetzgebungen von Italien, England/ Wales, Frankreich und Österreich beschrieben. Schliesslich werden Entwicklungen bezüglich Organisationsformen und Trägerschaften in der Wasserversorgung beleuchtet.

Für die Wasserwirtschaft in Europa sind auf rechtlicher Ebene die Wasserrahmenrichtlinie und ihre Tochterrichtlinien massgebend. Sie enthalten verschiedene Elemente, wie das integrale Einzugsgebietsmanagement oder das Verschlechterungsverbot für Gewässer, welche für einen einheitlichen Gewässerschutz in Europa sorgen sollen und auch für die Wasserversorgungen Auswirkungen haben.

Deutschland ist wie die Schweiz föderal aufgebaut. Die meisten Planungsinstrumente der Wasserwirtschaft sind auf Ebene der Bundesländer angesetzt. Es besteht mit der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) aber ein bedeutendes Koordinationsgremium, welches in diesem Ausmass in der Schweiz nicht vorhanden ist. Deutschland weist eine sehr hohe Vielfalt an Verbänden und Organisationen im Wasserwirtschaftsbereich auf.

Auch in den Niederlanden werden viele Aspekte der Wasserpolitik regional in den Water Boards gelöst. Privatisierungen wurden in den Niederlanden verboten, gleichzeitig wurde die Zusammenführung von Wasserversorgungen vorangetrieben, um ökonomische Vorteile zu erzielen. In Deutschland sind Privatisierungen zwar nicht verboten, der politische Wille ist aber gross, den Einfluss der Kommunen zu erhalten. So hat es in Deutschland bisher vor allem Teilprivatisierungen und vertragliche Übertragungen des Wasserversorgungsbetriebes auf Private gegeben. In der Schweiz besteht kein Trend hin zu Privatisierungen. Kleinere Wasserversorgungen schliessen sich aber vermehrt zu Verbänden oder Gruppenwasserversorgungen zusammen. Die Diskussion um die Liberalisierung im Wassersektor führte auch vermehrt zur Reflektion der Effizienz in den Betrieben.

---

# 1 Gesetzgebung in der Schweiz

Auf Bundesebene ist die Wasserversorgung und damit verbundene Bereiche vor allem in der Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (BV; SR 101), im Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG; SR 814.20) und der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV; SR 814.201), im Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz, LMG; SR 817.0), den ausführenden Verordnungen dazu sowie in der Verordnung vom 20. November 1991 über die Trinkwasserversorgung in Notlagen (VTN; SR 531.32) geregelt.

## 1.1 Bundesverfassung

Gemäss Artikel 76 BV sorgt der Bund im Rahmen seiner Zuständigkeit für die haushälterische Nutzung und den Schutz der Wasservorkommen und legt unter anderem Grundsätze fest über die Erhaltung und die Erschliessung der Wasservorkommen. Er erlässt Vorschriften über den Gewässerschutz (Art. 76 Abs. 1-3 BV). Die Kantone verfügen über die Wasservorkommen und können für die Wassernutzung in den Schranken der Bundesgesetzgebung Abgaben erheben (Art. 76 Abs. 4 BV). Gemäss Artikel 118 BV erlässt der Bund Vorschriften über den Umgang mit Lebensmitteln.

## 1.2 Gewässerschutzgesetzgebung

Das Gewässerschutzgesetz und die Gewässerschutzverordnung stellen auf nationaler Ebene die Gewässerschutzgesetzgebung der Schweiz dar. Auf kantonaler Stufe sind die Ausführungsbestimmungen bezüglich des Gewässerschutzes meist in Einführungsgesetzen zum nationalen Gewässerschutzgesetz enthalten.

### Gewässerschutzgesetz

Das Gewässerschutzgesetz enthält Bestimmungen bezüglich flächendeckender und bezüglich nutzungsbezogener Massnahmen zum Schutz der Gewässer. Nebst einem generellen Verbot der Verunreinigung der Gewässer (Art. 6 GSchG) und weiteren Vorschriften zur Reinhaltung der Gewässer wird im Gewässerschutzgesetz auch der planerische Gewässerschutz geregelt. Nach dem Gewässerschutzgesetz sind die Kantone dafür zuständig, Grundwasserschutzzonen und Grundwasserschutzareale auszuscheiden und entsprechende Eigentumsbeschränkungen festzulegen (Art. 20 und 21 GSchG). Es sind aber die Inhaber von Grundwasserfassungen, welche die Erhebungen für die Abgrenzung der Schutzzonen durchführen und für allfällige Entschädigungen oder Eigentumsbeschränkungen aufkommen.

Die Kantone sind verpflichtet, dafür zu sorgen, dass Grundwasservorkommen langfristig nicht übernutzt werden (Art. 43 GSchG) und müssen ein Inventar über die Wasserversorgungsanlagen und Grundwasservorkommen auf ihrem Gebiet erstellen (Art. 58 Abs. 2 GSchG).

---

Der Bund führt gesamtschweizerische Erhebungen über die Wasserqualität der ober- und unterirdischen Gewässer und die Trinkwasserversorgung durch (Art. 57 Abs. 1 GSchG). Die Kantone führen weitere Erhebungen durch, die für den Vollzug des Gewässerschutzgesetzes erforderlich sind (Art. 58 Abs. 1 GSchG). Der Bund kann sich an der Entwicklung von Anlagen und Verfahren finanziell beteiligen, wenn diese dem allgemeinen Interesse des Gewässerschutzes dienen (Art. 57 Abs. 2 GSchG). Ebenfalls kann er Finanzhilfe für die Ausbildung von Fachpersonal oder die Aufklärung der Bevölkerung leisten (Art. 64 Abs. 2 GSchG). Schliesslich kann er die Erstellung kantonaler Inventare über Wasserversorgungsanlagen und Grundwasservorkommen finanziell oder durch eigene Arbeiten unterstützen, wenn diese nach den Richtlinien des Bundes erstellt werden und die Gesuche vor dem 1. November 2010 eingereicht werden (Art. 64 Abs. 3 GSchG). Die finanzielle Unterstützung beträgt jeweils maximal 40% der Kosten.

#### Gewässerschutzverordnung

Die Gewässerschutzverordnung<sup>603</sup> regelt unter anderem den planerischen Schutz der Gewässer. Weiter sind beispielsweise Anforderungen an die Wasserqualität oder Bestimmungen bezüglich der Gewährung von Bundesbeiträgen enthalten. Die Gewässerschutzverordnung schreibt vor, dass die Kantone Gewässerschutzkarten erstellen und nachführen müssen (Art. 30 GSchV). Die Gewässerschutzkarten enthalten unter anderem die Grundwasserschutzzonen, die Grundwasserschutzareale sowie die Grundwasseraustritte, -fassungen und -anreicherungsanlagen, welche für die Wasserversorgung von Bedeutung sind. Die Gewässerschutzkarten sind öffentlich zugänglich. Die Kantone stellen dem BAFU und den Nachbarkantonen je ein Exemplar der Gewässerschutzkarten zu.

Bei der Erstellung und Änderung von Anlagen und bei anderen Gewässer gefährdenden Tätigkeiten in den Grundwasserschutzzonen und -arealen müssen Massnahmen zum Schutz der Gewässer getroffen werden (Art. 30 Abs. 1 und Anhang 4 Ziffer 2 GSchV). Die Behörde sorgt dafür, dass innerhalb der Grundwasserschutzzonen bei bestehenden Anlagen, welche eine Verunreinigungsgefahr für ein Gewässer darstellen, Massnahmen zum Schutz der Gewässer getroffen werden, beziehungsweise die Anlagen aus den Grundwasserschutzzonen S2 und S1 entfernt werden (Art. 31 und Anhang 4 Ziffer 2 GSchV). Die Gewässerschutzverordnung schreibt dem BAFU vor, über den Zustand der Gewässer zu informieren, wo dies im gesamtschweizerischen Interesse liegt (Art. 49 Abs. 1 GSchV). Die Kantone stellen dem BAFU die hierfür nötigen Angaben zur Verfügung und informieren ebenfalls über den Zustand der Gewässer und den Gewässerschutz in ihrem Kanton (Art. 49 Abs. 2 GSchV).

---

<sup>603</sup> Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (Stand am 7. November 2006)

---

### 1.3 Lebensmittelgesetzgebung

Trinkwasser gilt nach dem Lebensmittelgesetz<sup>604</sup> als Lebensmittel. Trinkwasser muss so beschaffen sein, dass die menschliche Gesundheit nicht gefährdet ist (Art. 7 LMG). Dabei sind Zusammensetzung, mikrobiologischer Zustand und die Aufbereitung massgebend.

Die Verordnung des EDI vom 23. November 2005 über Trink-, Quell- und Mineralwasser (SR 817.022.102) legt in Artikel 3 fest, dass Trinkwasser in mikrobiologischer, chemischer und physikalischer Hinsicht genusstauglich sein muss. Dies ist es, wenn es die in der Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (FIV; SR 817.021.23) für Trinkwasser festgesetzten Toleranz- und Grenzwerte einhält, die in der Hygieneverordnung des EDI vom 23. November 2005 (HyV; SR 817.024.1) festgelegten hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen erfüllt und bezüglich Geschmack, Geruch und Aussehen einwandfrei ist.

### 1.4 Bestimmungen auf Kantons- und Gemeindeebene

Die kantonalen Gesetzgebungen sind unterschiedlich detailliert. In vielen Kantonen, wie z.B. Bern, Zürich oder St. Gallen gibt es Wasserversorgungs-, Wasserwirtschafts- oder Wassernutzungs-gesetze<sup>605</sup>, welche die Verpflichtungen der Gemeinden und Wasserversorgungen genau beschreiben und den Kantonen die Kontrolle und Koordination über die Wasserversorgung zuweisen. In kantonalen Baugesetzen sind Bestimmungen bezüglich der Erschliessung von Baugebieten mit Wasserversorgungsleitungen enthalten. Die Feuerwehrgesetzgebung enthält Vorschriften bezüglich der Löschwasserversorgung, was oft auch die Trinkwasserversorgung tangiert. So sind im Kanton Schaffhausen viele Bestimmungen bezüglich der Wasserversorgung in der Brandschutzgesetzgebung enthalten.

Oft werden Details zur Versorgung mit Trinkwasser auch auf Gemeindeebene mittels eines Wasserversorgungsreglementes geregelt.

### 1.5 Zuständigkeiten für die Wasserversorgung

Bund

Der Bund legt in der Lebensmittelgesetzgebung die Anforderungen an die Trinkwasserqualität fest. Ihm werden auch gewisse Pflichten bezüglich des Gewässerschutzes auferlegt (siehe Abschnitt Gewässerschutzgesetzgebung).

---

<sup>604</sup> Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Stand am 20. Juni 2006)

<sup>605</sup> Luís-Manso 2005

---

## Kantone

Artikel 76 Absatz 4 der Bundesverfassung gibt den Kantonen das Recht, über die Wasservorkommen zu verfügen und für die Wassernutzung Abgaben zu erheben. Die Gewässerschutzgesetzgebung, für deren Vollzug grundsätzlich die Kantone zuständig sind, überträgt ihnen verschiedene Aufgaben. Unter anderem sind sie verpflichtet, ein Inventar über die Wasserversorgungsanlagen und Grundwasservorkommen auf ihrem Gebiet zu erstellen (Art. 58 GSchG). Sie sorgen zudem für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Notlagen (Art. 5 Abs. 1 VTN<sup>606</sup>). Sie legen die Gemeinden fest, welche für bestimmte Versorgungsgebiete die Trinkwasserversorgung in Notlagen sicherstellen müssen (Art. 5 Abs. 2 VTN). Die Kantone erstellen zudem Inventare über Wasserversorgungsanlagen, Grundwasservorkommen und Quellen, welche sich für die Trinkwasserversorgung in Notlagen eignen und führen diese nach (Art. 8 VTN). Die Kantone vollziehen die VTN und informieren das BAFU regelmässig über den Stand der Arbeiten (Art. 18 VTN).

## Gemeinden

Die Gemeinden sind in der Regel für die Wasserversorgung zuständig, können diese jedoch an Dritte weitergeben. Wo ein kantonales Wasserversorgungsgesetz besteht, wird darin den Gemeinden meist die Kontrolle über die Wasserversorger übertragen, soweit diese Aufgabe nicht durch den Kanton übernommen wird.

## Wasserversorger

Die Inhaber der Wasserversorgungsanlagen müssen einen Plan für die Massnahmen zur Sicherstellung der Trinkwasserordnung in Notlagen erstellen (Art. 11 VTN) und sorgen für die Sicherung der Mindestmenge sowie dafür, dass das Wasser möglichst dezentral und aus Quellen gewonnen wird (Art. 16 VTN).

## SVGW

Mehrheitlich grössere Wasserversorgungen sind im Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfach-SVGW organisiert. Der SVGW ist eine nationale Fachorganisation und setzt sich aus mehr als 1000 Mitgliedern, vor allem Gas- und Wasserversorgungen, zusammen. Der SVGW erstellt Richtlinien, hat ein umfangreiches Aus- und Weiterbildungsprogramm, übernimmt Beratungsaufgaben und Produktprüfungen.

---

<sup>606</sup> Verordnung über die Trinkwasserversorgung in Notlagen vom 20. November 1991

## 2 Internationale Gesetzgebung

### 2.1 Bisherige EU Gesetzgebung

#### Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie<sup>607</sup> hat einen umfassenden und international aufeinander abgestimmten Gewässerschutz zum Ziel. Im Zentrum steht der so genannte „gute Zustand“ aller Gewässer, welcher für die einzelnen Gewässer definiert wird. Gewässer dürfen nur soweit beeinträchtigt und verändert werden, dass ihre ökologischen Funktionen nicht wesentlich beeinträchtigt werden<sup>608</sup>.

Die verschiedenen Gewässernutzungen, wie Fischerei, Hochwasserschutz oder Wasserversorgung sollen innerhalb von sinnvollen hydrologischen Einheiten, meist Flusseinzugsgebieten, koordiniert werden und sich nicht mehr an Staatsgrenzen orientieren. Eine Bewirtschaftung der Gewässer, welche nach diesem Prinzip erfolgt, nennt man integrales Einzugsgebietsmanagement. Der Gewässerschutz soll emissions- und immissionsbezogene Massnahmen umfassen, was dem so genannten „kombinierten Ansatz“ zur Reduktion von Schadstoffen entspricht. Die Wasserrahmenrichtlinie legt weiter Wert auf eine breite Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Umsetzung.

Für die Wasserversorgung sind folgende Punkte hervorzuheben:

- Schadstoffe sollen nur noch begrenzt ins Grundwasser gelangen können. Es wird eine Reihe von Qualitätsnormen festgelegt, welche den „guten chemischen Zustand“ des Grundwassers beschreiben. So dürfen bestimmte Konzentrationen an Nitrat, Bioziden und Pflanzenschutzmitteln nicht überschritten werden.
- Grundwasserkörper und Oberflächengewässer dürfen sich in ihrem Zustand nicht verschlechtern sondern sollen geschützt, verbessert und saniert werden, so dass sie bis 2015 einen guten Zustand erreicht haben. Wenn Schadstoffe steigende Trends aufweisen, sind diese Trends zu stoppen und umzukehren.
- Auch der mengenmässige Grundwasserschutz ist in der Wasserrahmenrichtlinie enthalten. Es wird festgelegt, dass die Grundwasserentnahme die Grundwasserneubildung nicht übersteigen darf.
- Schliesslich soll in der Wasserwirtschaft die vollständige Kostendeckung Einzug halten. Die Mitgliedstaaten müssen dafür sorgen, dass bis 2010 die Wasserpreise alle Kosten der Wasserversorgung und Abwasserreinigung decken. Es sollen auch so genannte Umwelt- und Ressourcenkosten in die Kostenrechnung mit einfließen. Dies sind „Kosten für Schäden, die Wassernutzungen für Umwelt, Ökosysteme und Personen mit sich bringen“. So sollen Anreize für eine nachhaltige und effiziente Wassernutzung geschaffen werden.

<sup>607</sup> Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Massnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik

<sup>608</sup> Kirschbaum 2006



### Vorbemerkung Begriffe

In der Wasserrahmenrichtlinie und Grundwasserrichtlinie ist von **Umweltqualitätsnormen** die Rede. Dies sind immissionsbezogene Höchstkonzentrationen, welche nicht überschritten werden dürfen. Bei steigenden Trends von Schadstoffen, müssen spätestens wenn 75% der Umweltqualitätsnorm erreicht sind, Massnahmen ergriffen werden.

Der Begriff **Parameterwert** entstammt der Trinkwasserrichtlinie. Bei der Umsetzung der Trinkwasserrichtlinie müssen die EU Staaten ihre Höchstkonzentrationen für Trinkwasser so festlegen, dass diese nicht weniger streng sind als die Parameterwerte der europäischen Trinkwasserrichtlinie.

#### Trinkwasserrichtlinie

Die Trinkwasserrichtlinie<sup>609</sup> regelt die Mindestqualitätsanforderungen an Trinkwasser bezüglich Chemie und Mikrobiologie durch Parameterwerte. Gewisse Stoffe haben innerhalb der EU einheitliche Parameterwerte, zusätzliche oder strengere Höchstkonzentrationen können von den Mitgliedländern bestimmt werden. Die Richtlinie legt fest, was als Trinkwasser gilt, wo die Parameter den Anforderungen entsprechen müssen, wie häufig kontrolliert wird und wie im Falle einer Überschreitung von Parameterwerten zu verfahren ist.

#### Nitratrichtlinie<sup>610</sup>

Das Ziel der Richtlinie ist, die Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus der Landwirtschaft zu schützen. Die Mitgliedstaaten müssen in von ihnen als gefährdet eingestuft Zonen Massnahmen treffen, welche eine Verringerung der Nitratwerte in der Umwelt herbeiführen. In verschiedenen Ländern wie beispielsweise Holland, Deutschland oder Finnland werden solche Massnahmen im ganzen Land durchgeführt<sup>611</sup>. Die Mitgliedstaaten treffen Regelungen beispielsweise über die Zeiträume, in welchen gedüngt werden darf oder über das Düngen in der Nähe von Gewässern.

#### Biozidrichtlinie

Die Biozidrichtlinie<sup>612</sup> bildet zusammen mit der Pestizidzulassungsrichtlinie<sup>613</sup> und REACH<sup>614</sup>, welches die Industriechemikalien regelt, die Chemikalienzulassungsgesetzgebung der EU. Die Biozidrichtlinie regelt das Inverkehrbringen von Biozidprodukten. Um zugelassen zu werden, dürfen Biozide keine unannehmbaren Wirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Oberflächengewässer und das

<sup>609</sup> Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

<sup>610</sup> Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen

<sup>611</sup> Gassner 2006

<sup>612</sup> Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten

<sup>613</sup> Richtlinie 91/414/EG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln

<sup>614</sup> Die Verordnung Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe

Grundwasser haben. Bei der Zulassung von Biozidprodukten wird zudem speziell auf das Verhalten der Wirkstoffe in der Umwelt, beispielsweise die Anreicherung in Oberflächen- und Grundwasser, geachtet.

## 2.2 Neuere Entwicklungen in der EU Gesetzgebung

### Grundwasserrichtlinie

Die Grundwasserrichtlinie<sup>615</sup> ist eine Tochterrichtlinie zur Wasserrahmenrichtlinie. Das Ziel der Grundwasserrichtlinie ist es, den guten chemischen Zustand mittels Kriterien genauer zu definieren. Ebenfalls werden Kriterien festgelegt „für die Ermittlung signifikanter und anhaltender Trends sowie für die Festlegung von Ausgangspunkten für die Trendumkehr.“ Es werden Umweltqualitätsnormen für Nitrat (50 mg/l), für Pestizide (0.1 µg/l einzeln) und für Pestizidabbauprodukte (0.5 µg/l in der Summe) festgelegt. Alle weiteren Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung des chemischen Zustandes des Grundwassers werden von den einzelnen Mitgliedländern festgelegt. Dies sind beispielsweise Arsen, Blei, Quecksilber, Sulfat, Chlorid, Trichlorethen oder die Leitfähigkeit.

Der Ausgangspunkt für eine Trendumkehr bei steigenden Schadstoffkonzentrationen ist spätestens dann gegeben, wenn 75% der Umweltqualitätsnorm erreicht sind. Für diese Regelung bestehen jedoch Ausnahmen. Schliesslich ist nicht festgelegt, innerhalb welcher Fristen eine Trendumkehr erreicht werden soll<sup>616</sup>.

### Richtlinie Umweltqualitätsnormen „Prioritäre Stoffe“<sup>617</sup>

Diese Richtlinie ist ebenfalls eine Tochterrichtlinie zur Wasserrahmenrichtlinie. Sie legt insgesamt 33 Stoffe fest, welche prioritär zu behandeln sind. Sie werden unterschieden in „prioritäre gefährliche Stoffe“ wie beispielsweise Cadmium, Quecksilber oder polychlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und in „prioritäre Stoffe“ wie Benzol oder Nickel. Die Einträge von „prioritären Stoffen“ in Gewässer müssen schrittweise reduziert werden während, „prioritäre gefährliche Stoffe“ gar nicht mehr in die Umwelt gelangen dürfen. Diese Stoffe wurden bereits 2001 festgelegt, jedoch liegt bezüglich der Höchstkonzentrationen erst ein Richtlinienvorschlag vor<sup>618</sup>. Diese Umweltqualitätsnormen beziehen sich nur auf Oberflächengewässer.

<sup>615</sup> Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung

<sup>616</sup> Castell-Exner 2007

<sup>617</sup> Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2001 zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG

<sup>618</sup> <http://www.bmu.de/gewaesserschutz/>

## REACH

Die Verordnung über die Registrierung, Evaluierung und Zulassung von Chemikalien (**R**egistration, **E**valuation and **A**uthorisation of **C**hemicals REACH) ersetzt seit 2007 verschiedenste Chemikaliengesetze<sup>619</sup>. REACH deckt alle Industriechemikalien ab und will einen einheitlichen rechtlichen Rahmen für diese Substanzen auf dem europäischen Markt schaffen. Eine Gefährdung der Umwelt wie auch der menschlichen Gesundheit soll durch erhöhte Standards verringert werden. Es wird erwartet, dass durch REACH die Bewertung in der Umwelt neu auftretender Substanzen einfacher wird<sup>620</sup>.

### Revision der EG-Pestizidzulassungsrichtlinie/ Thematische Strategie Pestizide

Die Pestizidzulassungsrichtlinie will Gefahren für Mensch und Umwelt aufgrund von in Produkten enthaltenen Pestizid-Wirkstoffen minimieren. Mit der revidierten Richtlinie<sup>621</sup> soll das hohe Schutzniveau für Mensch und Umwelt gestärkt werden, die Verfahren der Zulassung sollen aktualisiert und die Transparenz soll erhöht werden. Der Entwurf der Richtlinie schreibt unter anderem vor, nationale Aktionspläne zur Verringerung der Gefahren von Pestiziden auszuarbeiten. Ebenfalls soll Informationsarbeit geleistet werden, um Hersteller und Anwender auf die Gefahren von Pestiziden hinzuweisen. Es sollen Gebiete ausgeschieden werden, welche nur geringfügig oder gar nicht mit Pestiziden in Kontakt kommen dürfen. Aus der Luft Pestizide auszubringen soll gemäss diesem Entwurf ebenfalls nicht gestattet sein<sup>622</sup>.

## 2.3 Vergleich der EU Wasserrahmenrichtlinie, Tochterrichtlinien und der Nitratrichtlinie mit der Schweizer Gewässerschutzgesetzgebung

Es sind einige Parallelen zwischen den EU Richtlinien und der Gesetzgebung in der Schweiz bezüglich des Gewässerschutzes auszumachen. So wird in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und seinen Tochterrichtlinien wie auch in der Gewässerschutzgesetzgebung der Schweiz der Zustand der Gewässer beschrieben, welcher anzustreben ist. Eine Bewirtschaftung ist nur dann erlaubt, wenn dieser Zustand nicht beeinträchtigt wird. In beiden Regelungen umfasst der anzustrebende Zustand auch die ökologischen Funktionen der Gewässer. Gemeinsam ist den Regelungen auch, dass keine Verschlechterung des Gewässerzustandes erlaubt wird. Im Unterschied zur WRRL, laut welcher die Gewässer bis 2015 einen guten Zustand erreicht haben müssen, werden in der Gewässerschutzgesetzgebung der Schweiz keine Zeiträume genannt, in welchen ein guter Zustand anzustreben ist.

In der WRRL wie auch im Gewässerschutzgesetz der Schweiz ist das Verursacherprinzip festgeschrieben. In der Schweizerischen Gewässerschutzgesetzgebung finden sich Emissionsanforderungen (beispielsweise für Metalle in Einleitungen von Industrieabwässern) wie auch Immissionsanforde-

---

<sup>619</sup> Lahl & Hawxwell 2006

<sup>620</sup> Lahl & Hawxwell 2006

<sup>621</sup> Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlamentes und des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Revision der Richtlinie 91/414/EWG)

<sup>622</sup> Castell-Exner 2007

---

rungen (beispielsweise für Ammonium in Fließgewässern) weshalb auch hier von einem „kombinierten Ansatz“ zur Reduktion von Schadstoffen gesprochen werden kann.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Regelungen besteht darin, dass in der WRRL die Koordination verschiedener Nutzungen innerhalb von hydrologischen Einheiten geschehen soll, während die Koordination in der Schweiz vor allem innerhalb der Kantone erfolgt. Ebenfalls ist die Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Umsetzung des Gewässerschutzes in der Schweizerischen Gewässerschutzgesetzgebung nicht explizit erwähnt.

Bezüglich des Grundwasserschutzes ist festzuhalten, dass in beiden Regelungen nicht nur ein qualitativer sondern auch ein mengenmässiger Grundwasserschutz enthalten ist. In der Grundwasserrichtlinie werden für Nitrat und Pestizide Qualitätsnormen festgelegt, für die Oberflächengewässer ist die Richtlinie Umweltqualitätsnormen „prioritäre Stoffe“ relevant. Diese Richtlinie besteht momentan jedoch nur als Entwurf. In der Schweiz sind bei Grundwasser, welches für die Trinkwasserversorgung genutzt wird oder genutzt werden könnte, bedeutend mehr Stoffe reglementiert.

Grundwasser	<u>EU Grundwasserrichtlinie</u>	<u>CH Gewässerschutzverordnung</u>
	Nitrat 50 mg/l; Pestizide und Abbauprodukte 0.1 µg/l einzeln oder 0.5 µg/l in der Summe	Nitrat 25 mg/l; Pestizide und Abbauprodukte 0.1 µg/l einzeln oder 0.5 µg/l in der Summe Anforderungen für DOC, Ammonium, Sulfat, Chlorid, verschiedene Kohlenwasserstoffe sowie adsorbierbare organische Halogenverbindungen <sup>623</sup> .
Oberflächengewässer	<u>EU Richtlinien vorschlag Umweltqualitätsnormen „Prioritäre Stoffe“</u>	<u>CH Gewässerschutzverordnung</u>
	Stoffe wie Atrazin, Simazin, Benzol, Cadmiumverbindungen, Quecksilberverbindungen, Diuron, DDT oder Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) werden geregelt.	Für Fließgewässer werden Parameter wie BSB <sub>5</sub> , DOC, Ammonium, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer oder organische Pestizide festgelegt. Bei Fließgewässern, welche der Trinkwassergewinnung dienen, sollen 25 mg/l Nitrat nicht überschritten werden.

Tab. 4: Anforderungen an Rohwasser in der EU und in der Schweiz

In der Wasserrahmenrichtlinie ist schliesslich festgeschrieben, dass alle Kosten der Wasserversorgung und Abwasserreinigung bis 2010 vollständig durch die Wasserpreise gedeckt werden müssen. Auf nationaler Ebene bestehen in der Schweiz die Richtlinien des SVGW für die Erhebung von Gebühren und Beiträgen, welche aber nicht rechtlich bindend sind<sup>624</sup>.

Aufgrund der Nitratrichtlinie sind die Gewässerschutzbestimmungen in verschiedenen EU Ländern eher strenger als in der Schweiz<sup>625</sup>. Dies gilt beispielsweise für die Verwendung von Hofdüngern, welche in der Schweiz viel näher an Gewässern noch ausgetragen werden dürfen. Auch Bestimmungen bezüglich der Verwendung von Gülle im Winter und der Dauer der Güllelagerung sind lockerer als in vielen EU Ländern.

<sup>623</sup> Die Bestimmungen gelten für Grundwasser, welches für die Trinkwasserversorgung benötigt wird oder werden könnte.

<sup>624</sup> Kamm, SVGW

<sup>625</sup> Gassner 2006

## 2.4 Vergleich der EU Trinkwasserrichtlinie mit der Schweizer Trinkwassergesetzgebung

Die Trinkwassergesetzgebung in der Schweiz unterscheidet sich in verschiedenen Punkten von der EU Trinkwasserrichtlinie. In der EU müssen Parameterwerte grundsätzlich am Wasserhahn eingehalten werden. Es ist zudem festgelegt, welche Parameter zwingend gemessen werden müssen und wie häufig dies, je nach abgegebener Wassermenge, zu erfolgen hat. In der Schweiz empfiehlt der SVGW in seinen Richtlinien W1<sup>626</sup> wo und wie häufig Parameter gemessen werden sollen. Obwohl diese nicht rechtlich bindend sind, werden sie fast ausnahmslos befolgt<sup>627</sup>. Die Fremd- und Inhaltsstoffverordnung der Schweiz unterscheidet Toleranz- und Grenzwerte. In der EU Trinkwasserrichtlinie ist von Parameterwerten die Rede.

EU	Schweiz <sup>628</sup>
<p><i>Parameterwert:</i> Bei der Umsetzung der Trinkwasserrichtlinie müssen die EU Staaten ihre Anforderungen so festlegen, dass diese nicht weniger streng sind als die Parameterwerte der europäischen Trinkwasserrichtlinie.</p>	<p><i>Grenzwert:</i> die Höchstkonzentration, bei dessen Überschreitung das Lebensmittel für die menschliche Ernährung als ungeeignet gilt. Werden Grenzwerte überschritten, müssen Massnahmen zum Schutz der Gesundheit erfolgen.</p> <p><i>Toleranzwert:</i> die Höchstkonzentration, bei dessen Überschreitung das Lebensmittel als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert gilt. Toleranzwerte sind Höchstkonzentrationen, welche tiefer angesetzt sind als dies der Schutz der Gesundheit zwingend erfordern würde. Werden Toleranzwerte überschritten ohne dass eine Gesundheitsgefährdung vorliegt, kann das Trinkwasser mit oder ohne Auflagen trotzdem abgegeben werden.</p> <p>Für die meisten Stoffe wird nur einer der beiden Werte festgelegt.</p>

Bei einigen der in der Trinkwasserrichtlinie geregelten Stoffe und mikrobiologischen Parameter unterscheiden sich die Mindestqualitätsanforderungen (Parameterwerte) an Trinkwasser von den Toleranz- oder Grenzwerten in der Schweiz. Auch sind viele Parameterwerte in der EU nicht einheitlich festgelegt worden. Folgende Unterschiede sind hervorzuheben:

<sup>626</sup> SVGW 2005: W1: Richtlinie für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung

<sup>627</sup> von Gunten, Eawag

<sup>628</sup> Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, Verordnung des EDI über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln vom 26. Juni 1995 (Stand am 10. Oktober 2006)

Höhere Toleranz- oder Grenzwerte bestehen in der Schweiz bezüglich

- Arsen (50 µg/l gegenüber 10 µg/l in der EU)
- Tetrachlorethen und Trichlorethen (40 bzw. 70 µg/l gegenüber 10 µg/l für die Summe in der EU).
- Trihalogenmethane: Während in der Schweiz für einige Trihalogenmethane Grenzwerte bestehen (siehe Tab. 5), gilt in der EU eine Höchstkonzentration von 100 µg/l für deren Summe.

100 µg/l für Tribrommethan  
 100 µg/l für Dibromchlormethan  
 40 µg/l für Trichlormethan  
 15 µg/l für Bromdichlormethan

Tab. 5: Grenzwerte für Trihalogenmethane in der Schweiz

Niedrigere, das heisst strengere Toleranz- oder Grenzwerte in der Schweiz gegenüber der EU bestehen beispielsweise bei Nitrat, Nitrit, Ammonium, Sulfat, Natrium, Kupfer oder Chrom. Für pathogene Organismen im Trinkwasser werden in der EU und der Schweiz basierend auf dem Indikatorkonzept<sup>629</sup> Parameterwerte bzw. Grenz- oder Toleranzwerte festgelegt.

## 2.5 Einfluss der EU Gesetzgebung auf die Schweiz

Bezüglich der Wasserrahmenrichtlinie, insbesondere dem integralen Einzugsgebietsmanagement, könnte eine Annäherung an die EU-Regelungen sinnvoll sein<sup>630</sup>. Es gibt Beispiele von Projekten in der Schweiz, welche sich an den EU Prinzipien des integralen und auf Einzugsgebiete bezogenen Gewässerschutzes orientieren. So wurden vom BAFU Grundlegearbeiten zum Integralen Einzugsgebietsmanagements initiiert<sup>631</sup>. Aufgrund von 16 Fallbeispielen konnten insgesamt Informationen von 34 Einzugsgebieten gesammelt werden. Der Grundwasserschutz und die Qualität der Oberflächengewässer waren in vielen Projekten wichtige Faktoren. Der Trinkwasserbereich war somit indirekt in einigen Projekten ein Thema. Das BAFU möchte mit dieser Studie den integrierten und Einzugsgebietsbezogenen Lösungsansatz fördern und schauen, ob und in welcher Form dieser Ansatz in der Wasser- und Gewässerpolitik einfließen soll.

Die Schweiz strebt an, die Regelungen bezüglich der Zulassung von Chemikalien den EU Bestimmungen bis zu einem bestimmten Grad anzugleichen<sup>632</sup>. Gewisse Unterschiede zwischen den Regelungen in der Schweiz und der EU sind aber vorhanden und werden vermutlich auch weiterhin bestehen. So sind beispielsweise in der Schweiz bedeutend mehr Pflanzenschutzmittel zugelassen als in der EU.

<sup>629</sup> siehe Kapitel Qualität

<sup>630</sup> Meylan, BAFU

<sup>631</sup> Chaix & Wehse unveröffentlicht

<sup>632</sup> Meylan, BAFU

## 2.6 WHO Protokoll Wasser und Gesundheit

Das WHO Protokoll Wasser und Gesundheit<sup>633</sup> wurde 1999 von 36 Staaten unterschrieben. Es bezieht sich auf die WHO Region Europa und ist für die Schweiz am 25. Januar 2007 in Kraft getreten. Das übergeordnete Ziel des Protokolls ist es, durch Verbesserung der Wasserbewirtschaftung und durch Verhütung, Bekämpfung und Verringerung wasserbedingter Erkrankungen den Schutz der Gesundheit zu fördern. Das Wasser soll so bewirtschaftet werden, dass die Gesundheit der Bevölkerung sowie die Natur nachhaltig geschützt werden.

Die schweizerische Gesetzgebung ist grösstenteils mit den Bestimmungen des Protokolls vereinbar<sup>634</sup>. Einzelne Gesetzesanpassungen werden jedoch mit der Ratifizierung des Protokolls nötig: Das WHO Protokoll sieht ein „Frühwarn- und Reaktionssystem“ vor, um wasserbedingten Krankheiten zu begegnen. Ein solches System besteht in der Schweiz noch nicht<sup>635</sup>. Weiter soll sich die formelle Koordination verbessern. Hierzu sollen sich Fachleute und Organisationen im Bereich des Trink- und Badewassers zu einem Gremium zusammenschliessen<sup>636</sup>.

## 3 Governance der Wasserversorgung in Deutschland und anderen europäischen Staaten

### 3.1 Kurzporträt der Wasserversorgung in Deutschland

Anzahl Wasserversorger	Wasserressourcen
In Deutschland existieren ca. 6600 Wasserversorgungen <sup>637</sup> , wovon 4500 weniger als 3000 Einwohner mit Wasser versorgen <sup>638</sup> .	Die Wasserversorger in Deutschland nutzen zu 65% Grundwasser, zu 9% Quellwasser und zu 26% Oberflächengewässer <sup>639</sup> .
Wasserverbrauch	Trinkwasserqualität
Die Wasserproduktion beträgt in Deutschland rund 5.4 km <sup>3</sup> . Pro Einwohner und Tag werden rund 127 Liter verbraucht.	In Deutschland entsprachen 2001 99.45% aller behördlichen Analysen den Anforderungen <sup>640</sup> .

<sup>633</sup> Protokoll vom 17. Juni 1999 über Wasser und Gesundheit zu den Übereinkommen von 1992 zum Schutz und Nutzung grenzüberschreitender Wasserläufe und internationaler Seen (SR 0.814.201).

<sup>634</sup> Studer, BAG

<sup>635</sup> Studer 2005

<sup>636</sup> Studer, BAG

<sup>637</sup> Scheele 2001

<sup>638</sup> Scherrer et al. 2004

<sup>639</sup> Statistisches Bundesamt in: BGW et al. 2005

<sup>640</sup> BGW et al. 2005



### Wasserpreis

Ein Kubikmeter Wasser kostete im durchschnittlich 2005 1.81 €, also umgerechnet knapp 3 Franken<sup>641</sup>. Durch den niedrigen Pro Kopf Verbrauch zahlt eine Person pro Jahr jedoch nur 82 € (ca. 134 CHF).

### Verluste

Die Wasserversorgung in Deutschland zeichnet sich durch sehr niedrige Verluste aus, welche nur ca. 7% der Wasserproduktion betragen<sup>642</sup>.

### rechtliche Organisationsform der Wasserversorger

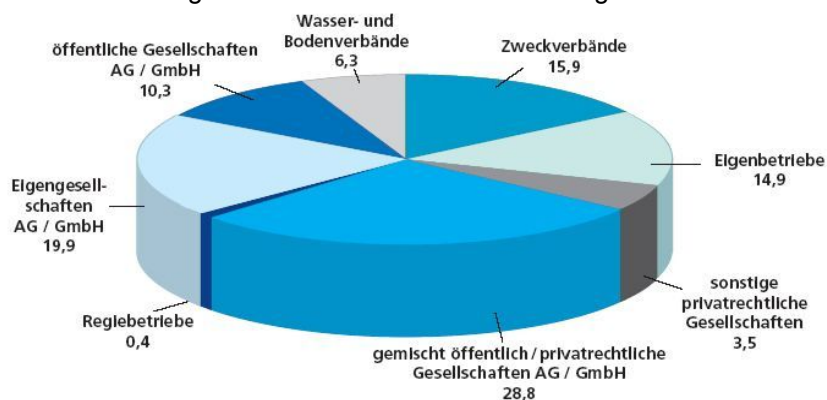


Abb. 14: Unternehmensformen in der deutschen Wasserversorgung 2003<sup>643</sup>

## 3.2 Strukturen der Wasserversorgung in Deutschland

Deutschland ist wie die Schweiz föderal organisiert. Im Bereich Wasserwirtschaft hat der Bund das Recht, Rahmenvorschriften zu erlassen, welche die Bundesländer dann in eigene Ländergesetze und -Verordnungen umsetzen<sup>644</sup>. So müssen die Vorgaben der EU-Richtlinien sowohl auf Bundesebene wie auch auf Länderebene umgesetzt werden. Für einen Grossteil der Gewässerbewirtschaftung sind die Länder zuständig, für einzelne Aufgaben sind die Kommunen zuständig. In Deutschland werden viele wasserwirtschaftliche Entscheide auf regionaler Ebene gefällt<sup>645</sup>. So können lokale Gegebenheiten in die Gesetzgebung einfließen.

### Wasserbehörden

Auf Ebene der Bundesländer gibt es mehrere Behördenstufen<sup>646</sup>.

- Die Oberste Wasserbehörde, normalerweise das Umweltministerium, fällt strategische Entscheidungen und überwacht die nachgeordneten Behörden.

<sup>641</sup> umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich

<sup>642</sup> Statistisches Bundesamt in: BGW et al. 2005

<sup>643</sup> Quelle: BGW-Wasserstatistik 2003 in BGW et al. 2005

<sup>644</sup> Kirschbaum 2006

<sup>645</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>646</sup> Informationen aus Correia & Kraemer 1997

- Die Obere, höhere oder mittlere Wasserbehörde, welche nur in grösseren Bundesländern existiert, wird meist von Regierungspräsidien oder Bezirksregierungen gebildet und kümmert sich um die regionale Wasserwirtschaftsplanung und um Bewilligungen grösserer, regionaler Projekte.
- Die untere Wasserbehörde, welche durch die Städte, Stadt- und Landkreise und zum Teil durch Wasserwirtschaftsämter gebildet wird, erlässt Bewilligungen, übernimmt Überwachungsaufgaben, die technische Beratung und diverse Vollzugsaufgaben.

Auf Bundesebene sind für die Wasserversorgung verschiedene Bundesministerien zuständig: Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU ist für den Wasserhaushalt, den Gewässerschutz und die grenzüberschreitende Zusammenarbeit zuständig. Das Bundesministerium für Gesundheit BMG ist für die Trinkwasserordnung und die Trinkwasserqualität verantwortlich während sich das Bundesministerium für Wirtschaft BMWi um die Tarif-, Preis-, und Gebührenbildung sowie um die Wahrung wirtschaftlicher Interessen bei Umweltschutzmassnahmen kümmert. Das Bundesministerium des Innern BMI ist schliesslich für den Katastrophenschutz und Notbrunnen zuständig<sup>647</sup>.

#### Planungsinstrumente<sup>648</sup>

Als wichtige Planungsinstrumente sind Wasserschutzgebiete, Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne und Wasserversorgungspläne zu nennen. Da der allgemeine flächendeckende Gewässerschutz nicht alle Gefährdungen ausschliessen kann, werden Wassergewinnungsgebiete speziell geschützt<sup>649</sup>. Aufgrund des Bundesrechts ist es den Bundesländern möglich, Wasserschutzgebiete auszuweisen, in welchen gewisse Nutzungen beschränkt oder verboten werden können. Wasserschutzgebiete können festgelegt werden, um

- im Interesse der öffentlichen Wasserversorgung ein Gewässer vor Verschmutzungen zu schützen
- Grundwasser anzureichern
- Gewässerbelastungen durch Abfliessen von kontaminiertem Niederschlagswasser oder Abschwemmen von Dünger und Pestiziden zu vermeiden.

Die Wasserschutzgebiete sind in 3 Kategorien eingeteilt. Die weitere Schutzzone (Zone III) umfasst das unterirdische Einzugsgebiet der Wasserfassung. Schwer abbaubare chemische und radioaktive Substanzen sollen durch diese Schutzzone an einem Eindringen in die Wasserversorgung gehindert werden. Die engere Schutzzone (Zone II) umfasst den Bereich, in welchem das Wasser mindestens 50 Tage verweilt, bis es an der Wasserfassung eintrifft. Ziel dieser Schutzzone ist vor allem der Schutz vor Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen.

<sup>647</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>648</sup> wenn nicht anders erwähnt Informationen aus Correia & Kraemer 1997

<sup>649</sup> Tauchmann et al. 2006

---

In der Schweiz umfasst diese Zone im Vergleich dazu nur den Bereich, in welchem das Wasser 10 Tage verweilt. Die Verweildauer von 10 Tagen wurde in Absprache mit der Eawag festgelegt<sup>650</sup> und entspricht der Dauer, in welcher der grösste Teil der Mikroorganismen abgebaut wird<sup>651</sup>. Auch die Kleinräumigkeit der Schweiz und die kleineren Grundwasservorkommen sind als praktischer Grund für diesen Unterschied zu nennen. In der Zone I (Fassungsbereich) wird der Schutz vor jeglicher Verunreinigung und Beeinträchtigung gewährleistet. Die Bestimmungen unterscheiden sich, je nachdem ob die Schutzgebiete für Grundwasser, Trinkwassertalsperren oder Seen bestehen.

Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne und Bewirtschaftungspläne werden für die wasserwirtschaftliche Planung eingesetzt. Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne werden von den Ländern für Flussgebiete oder Teile davon erstellt. Wasserversorgungspläne werden vor allem in den neuen Bundesländern erstellt. In den eingegrenzten Versorgungsgebieten werden Herkunft des Rohwassers und Träger der öffentlichen Wasserversorgung ausgewiesen.

Zusammenarbeit zwischen den Bundesländern - LAWA<sup>652</sup>

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA wurde zur Harmonisierung des Wasserrechts der Bundesländer und zur Diskussion gemeinsamer Interessen gegründet. Die LAWA wird von den obersten Wasserbehörden der Bundesländer gebildet. Sie bespricht innerhalb der Facharbeitsgruppen auch Vorhaben der EU, welche die Wasserwirtschaft der Länder betreffen.

Es gibt auch Zusammenarbeiten für die Bewirtschaftung von Flussgebieten. So gibt es beispielsweise eine Arbeitsgemeinschaft der Länder zur Reinhaltung der Rheins (ARGE Rhein).

Auch zwischen Bund und Bundesländern gibt es Zusammenarbeit. Für bestimmte Aufgaben werden Arbeitsgruppen und Arbeitskreise gebildet. Hier ist auch die finanzielle Beteiligung des Bundes an allgemeinen Massnahmen im Bereich der Wasserversorgung zu nennen.

Verbände<sup>653</sup>

In Deutschland gibt es eine Vielzahl Verbände, welche sich auf unterschiedlichsten Ebenen mit der Wasserversorgung auseinandersetzen.

Die Verbände der Kommunen beispielsweise, sind auch in der Wasserpolitik tätig:

- Deutscher Städtetag (DST)
- Deutscher Landkreistag (DLT)
- Deutscher Städte- und Gemeindebund (DStBG)

Diese Verbände haben auch Landesorganisationen.

---

<sup>650</sup> Hoehn, Eawag

<sup>651</sup> Hartmann, BAFU

<sup>652</sup> Informationen aus Correia & Kraemer 1997

<sup>653</sup> Informationen aus Correia & Kraemer 1997

Ein wichtiger Verband ist der Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) in welchem 1200 Gas- und Wasserwirtschaftsunternehmen organisiert sind. Der Verband sieht sich vor allem als Wirtschaftsverband, der die Interessen der Wasserwirtschaft vertritt.

Weiter gibt es verschiedene regelgebende Verbände:

- Der DVGW, der Deutsche Verein der Gas- und Wasserfaches hat 8500 Mitglieder (Unternehmen und Behörden). Der Verein gibt ein Regelwerk heraus, arbeitet bei der europäischen und deutschen Normung mit, macht Prüfungen und Zertifizierungen, fördert die Forschung und Weiterbildung und bietet technische Beratungen an.
- Der DVWK, der Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau hat 2500 Einzelmitglieder. Der Verein gibt Regelwerke und Veröffentlichungen heraus, dokumentiert den Stand der Technik und der Wissenschaft, erarbeitet Lösungen und Empfehlungen, macht Öffentlichkeitsarbeit, Fortbildungs- und Schulungsmassnahmen, betreut Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und gibt die Zeitschriften „Wasser und Boden“ sowie „Wasserwirtschaft“ heraus.
- Der Normenausschuss Wasserwesen des Deutschen Instituts für Normung DIN/NAW vertritt Unternehmen und Behörden. Unter anderem werden Normen in der Wasseranalytik, im Wasserbau und in der Wasserversorgung bearbeitet.

Weitere Regelgebende Verbände sind die Fachgruppe Wasserchemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker FW und der Deutsche Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft DBVK welcher die Wasser- und Bodenverbände vertritt.

Der Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau BWK ist ein Beispiel einer Technisch-Wissenschaftlichen Vereinigung.

EUREAU ist auf europäischer Ebene als wichtiger wasserwirtschaftlicher Verband zu nennen. In dieser Union von Wasserversorgungsinteressensgruppen der Mitgliedstaaten der EU sind für Deutschland der BGW und der DVGW vertreten.

In Deutschland besteht auch eine grosse Vielfalt an Nicht-Regierungsorganisationen und Verbänden: Es gibt verschiedene Nutzerorganisationen, Natur- und Umweltschutzorganisationen, Verbraucherschutzorganisationen und kommunalpolitische Bürgerinitiativen. Es ist eine steigende Tendenz der Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Organisationen zu erkennen. Dies kann sich beispielsweise in Verabschiedungen gemeinsamer Stellungnahmen zeigen. Umwelt-, Naturschutz- und Verbraucherschutzverbände koordinieren ihre Aktivitäten immer häufiger auch auf europäischer Ebene.

#### Beteiligungs- und Anhörungsverfahren

Die zuständige Behörde soll vor allem bei der wasserwirtschaftlichen Planung die Öffentlichkeit mit einbeziehen<sup>654</sup>. Zur Konfliktvermeidung bestehen verschiedene Beteiligungs- und Anhörungsverfahren<sup>655</sup>. Als Mittel zur Konfliktvermeidung können Gewässernutzer mit unterschiedlichen Interessen in

<sup>654</sup> Kirschbaum 2006

<sup>655</sup> Correia & Kraemer 1997

Verbänden zusammenkommen, so dass eine langfristige Struktur zur Zusammenarbeit entsteht<sup>656</sup>. Die Möglichkeiten zur Beteiligung werden meist von Fachjournalisten, Verbraucherverbänden sowie Umwelt- und Naturschutzgruppen wahrgenommen, weniger aber von Einzelpersonen<sup>657</sup>.

### 3.3 Umsetzung der EU-Richtlinien in Deutschland

Die EU Richtlinien werden sowohl in Regelungen auf Bundesebene (Wasserhaushaltsgesetz, Trinkwasserverordnung) wie auch in Landeswassergesetzen umgesetzt. In Deutschland ist die Umsetzung dieser Richtlinien weniger ein Problem als in anderen Ländern, da viele Strukturen für die Umsetzung des Gewässerschutzes, die Kontrolle der Wasserversorgungen etc. schon etabliert waren<sup>658</sup>.

#### Wasserhaushaltsgesetz

Das Wasserhaushaltsgesetz enthält die grundlegenden Bestimmungen bezüglich der Gewässerbewirtschaftung in quantitativer und in qualitativer Hinsicht. Es schreibt vor, dass Gewässernutzungen grundsätzlich behördlich zugelassen werden müssen. Dies gilt für Wasserentnahmen wie auch für Einleitungen. Die Zulassung kann an bestimmte Bedingungen geknüpft sein, ein Beispiel hierfür sind Mindestanforderungen für Abwassereinleitungen. Das Wasserhaushaltsgesetz enthält auch Vorschriften über die Festsetzung von Wasserschutzgebieten für die Wasserversorgung.

2002 wurde das Wasserhaushaltsgesetz revidiert, so dass es nun die Vorgaben der EU-Wasser-rahmenrichtlinie erfüllt. Folgende Änderungen des Wasserhaushaltsgesetzes sind relevant für die Wasserversorgung:

- Es wird festgeschrieben, dass die Gewässerbewirtschaftung nach Flussgebietseinheiten erfolgt.
- Für Grundwasser werden die Bewirtschaftungsziele des mengenmässig und chemisch guten Zustandes festgelegt, für Oberflächengewässer die des chemischen und ökologisch guten Zustandes.
- Als Instrumente zum Erreichen der Bewirtschaftungsziele werden ein umfassendes Monitoring, Bewirtschaftungspläne und Massnahmenprogramme festgelegt, welche bis 2009 aufgestellt werden müssen. Unter gewissen Umständen können Ausnahmen bezüglich der Fristen und bezüglich der Ziele gewährt werden.
- Es wird festgeschrieben, dass der ortsnahen Wasserversorgung Vorrang zu geben ist.
- Die Wasserversorgungen müssen vollständig kostendeckend wirtschaften.

Es werden verschiedene Regelungsaufträge an die Bundesländer gegeben, die dort in Landeswassergesetzen und -Verordnungen umgesetzt werden.

#### Trinkwasserverordnung

<sup>656</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>657</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>658</sup> ENGREF et al. 2003

---

Die Trinkwasserverordnung<sup>659</sup> wurde aufbauend auf dem Infektionsschutzgesetz (siehe Abschnitt Weitere Verordnungen und Gesetze mit Relevanz für die Trinkwasserversorgung) erlassen und setzt gleichzeitig die EG-Trinkwasserrichtlinie in deutsches Recht um. Die Trinkwasserverordnung enthält als erstes eine Definition, was Wasser für den menschlichen Gebrauch und was Trinkwasser ist, wobei Mineral- und Heilwässer in der Trinkwasserverordnung nicht geregelt werden.

Als zweites werden die chemischen und mikrobiologischen Anforderungen an Trinkwasser festgelegt. Es wird festgelegt, wo diese Parameter eingehalten werden müssen und was geschieht wenn die Anforderungen nicht eingehalten werden können. Auch Anforderungen an Wasser für Lebensmittelbetriebe werden festgelegt sowie Anforderungen an Wasseraufbereitungsanlagen. Es werden nur bestimmte Aufbereitungsverfahren und Desinfektionsmittel zugelassen.

Es wird geregelt, welche Pflichten das Wasserversorgungsunternehmen hat und wie die Überwachung der Trinkwasserqualität gewährleistet werden soll. Die Überwachung wird zwischen dem Wasserversorger und dem Gesundheitsamt aufgeteilt. Schliesslich enthält die Trinkwasserverordnung Höchstkonzentrationen für Stoffe wie Nitrat, organische Verbindungen etc.

Vergleich der Trinkwassergesetzgebung von Deutschland mit jener der Schweiz

Die deutsche Trinkwasserverordnung entspricht grob der schweizerischen Verordnung über Trink-, Quell- und Mineralwasser. Es sind jedoch Unterschiede im Umfang der Regelung festzustellen, da die schweizerische Trinkwassergesetzgebung in der Lebensmittelgesetzgebung integriert ist. Deshalb wird bei der Schweizer Verordnung ebenfalls das Mineral- und "Quellwasser" geregelt während sich die deutsche Verordnung nur auf das Trinkwasser bezieht.

In beiden Verordnungen wird als erstes das Trinkwasser definiert. In der deutschen Trinkwasserverordnung wird Trinkwasser als jenes Wasser definiert, welches zum Trinken, Kochen und zur Zubereitung von Getränken und Mahlzeiten bestimmt ist<sup>660</sup>. Zusätzlich wird auch jenes Wasser als Trinkwasser definiert, welches für „häusliche Zwecke“ bestimmt ist, also beispielsweise für Körperpflege oder Händewaschen. In der schweizerischen Verordnung wird Trinkwasser als jenes Wasser definiert, welches „natürlich belassen oder nach Aufbereitung bestimmt ist zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen sowie zur Reinigung von Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen“<sup>661</sup>. In der deutschen Verordnung wird detailliert geregelt, wie im Falle einer Nichteinhaltung von Anforderungen vorgegangen wird. Solche Regelungen fehlen in der schweizerischen Verordnung.

In der Schweiz wird die Qualität des Endproduktes reglementiert und gemäss Lebensmittel- und Gebrauchsgegenstände-Verordnung muss die Trinkwasseraufbereitung einer spezifischen Gefahrenanalyse gemäss HACCP-Konzept unterzogen werden. In der Schweiz ist die abschliessende Liste der Aufbereitungs- und Desinfektionsmittel sowie der Aufbereitungsverfahren in einem Informations-

---

<sup>659</sup> Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001

<sup>660</sup> Höll und Grohmann 2002

<sup>661</sup> Art. 2 Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser vom 23. November 2005 (Stand am 27. Dezember 2005)

---

schreiben (Nr. 109) des BAG veröffentlicht. Es ist aber nicht, wie in Deutschland, in der entsprechenden Verordnung enthalten.

In Deutschland wie auch der Schweiz ist das Wasserversorgungsunternehmen verpflichtet, die Bezüger über die Wasserqualität zu informieren. Im Gegensatz zur Deutschen Verordnung finden sich in der schweizerischen Verordnung über Trink-, Quell- und Mineralwasser keine Strafbestimmungen. Diese Bestimmungen sind im Lebensmittelgesetz enthalten. Da in der Schweiz Trinkwasser im Lebensmittelrecht geregelt wird, untersteht es der Produkthaftpflicht.

Weitere Verordnungen und Gesetze mit Relevanz für die Trinkwasserversorgung

Das Infektionsschutzgesetz<sup>662</sup> enthält Bestimmungen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, für Badewasser und Abwasser mit dem Ziel, dass die menschliche Gesundheit durch Konsum oder Nutzung von Wasser nicht gefährdet wird. Die Grundwasserverordnung<sup>663</sup> enthält Untersuchungs- und Überwachungsanforderungen und legt die Mindestanforderungen für Bewirtschaftungszulassungen fest. Düngemittelgesetz<sup>664</sup> und Düngemittelverordnung sollen den Schutz der Gewässer vor diffusen Einträgen verbessern, wobei vor allem Nitrat im Fokus steht. Das Bundesbodenschutzgesetz<sup>665</sup> legt fest, wer zur Sanierung von Grundwasserschäden verpflichtet werden kann.

Umsetzung der EU-Richtlinien in den Bundesländern

Die Bundesländer regeln die Wasserwirtschaft innerhalb der Vorgaben der Rahmengesetzgebung durch den Bund und ergänzen diese Regelungen in Landeswassergesetzen und anderen Gesetzen und Verordnungen.

Die Länder regeln zum Beispiel:

- die Zulassungsverfahren für Gewässernutzungen
- das Eigentum an Gewässern
- die Aufsicht über Gewässer
- den Gewässerunterhalt

---

<sup>662</sup> Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (IfSG) vom 20. Juni 2000.

<sup>663</sup> Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe vom 18. März 1997.

<sup>664</sup> Düngemittelgesetz vom 15. November 1977. Fassung vom 21. Oktober 2005.

<sup>665</sup> Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) vom 17. März 1998. Fassung vom 9. September 2004.

---

In den meisten Bundesländern muss bei einer Wasserentnahme eine Gebühr bezahlt werden, welche im Falle einer Wasserversorgung an deren Kunden weitergegeben werden kann.

Gemeinden, Städte und Bezirke können Regelungen beispielsweise bezüglich des Anschlusses an öffentliche Wasserversorgungen treffen.

### 3.4 Kurzporträt der Wasserversorgung in Holland<sup>666</sup>

Holland ist ein sehr tief liegendes und dicht bevölkertes Land. Ohne die Deiche wären 65% der Fläche und ca. 8 Mio. Einwohner (knapp die Hälfte der Bevölkerung) überflutet. Seit mehreren Jahren ist in Holland ein Rückgang der Grundwasserstände zu beobachten. Dieser Rückgang wird hauptsächlich der Bewässerung, aber auch den Wasserversorgungen zugeschrieben. Aufgrund des Grundwasser-rückgangs wird immer mehr Oberflächenwasser für die Trinkwasserversorgung verwendet. Durch diese Entwicklung haben die Wasserversorger eine aktivere Rolle im Schutz der Wasserressourcen vor Verschmutzung übernommen.

Eine Spezialität der holländischen Wasserpolitik stellen die so genannten Water Boards dar. Diese sind demokratisch gewählte Organisationen, welche sich auf lokaler und regionaler Ebene um Belan-ge der Wasserqualität, -quantität und Infrastruktur kümmern.

Verschiedene Gesetze bestimmen die Wasserwirtschaft und den Gewässerschutz in Holland, so beispielsweise der *Water Supply Act*, der *Environmental Management Act* oder der *Surface Water Pollution Act*. Schon vor der Übernahme von Europäischen Richtlinien bezüglich des Gewässerschut-zes waren das Vorsorge- und das Verursacherprinzip und eine gewisse integrierte Betrachtung des Umweltschutzes in den Gesetzen Hollands fest verankert. So konnte, um die Europäischen Richtlinien umzusetzen, die Stossrichtung der Gesetzgebung beibehalten werden. Herausforderungen für die Niederlande ergeben sich hauptsächlich bei der Umsetzung der Nitratrichtlinie aber auch bei der Wasserrahmenrichtlinie<sup>667</sup>.

Die Konzentration der Wasserversorgungen bringt auf verschiedenen Ebenen Vorteile mit sich. Neben wirtschaftlichen Vorteilen haben die Wasserversorgungen beispielsweise auch die Mittel, um grössere Forschungsprojekte durchzuführen<sup>668</sup>.

---

<sup>666</sup> Wenn nicht anders erwähnt, Informationen aus van Dijk et al. 2004

<sup>667</sup> OECD 2003

<sup>668</sup> von Gunten, Eawag



Anzahl Wasserversorger	Wasserressourcen
In Holland gab es 2006 14 Wasserversorgungsbetriebe, nachdem es 1990 noch 46 waren <sup>669</sup> . Experten erwarten einen weiteren Rückgang auf schliesslich 4 bis 6 Wasserversorgungen. Dieser Konzentrationsprozess wurde staatlich gesteuert <sup>670</sup> .	Die Wasserversorger in Holland nutzen zu gut 60% Grundwasser und zu knapp 40% Oberflächengewässer <sup>671</sup> .
Wasserverbrauch	Trinkwasserqualität
Die Wasserproduktion beträgt in Holland rund 1.2 km <sup>3</sup> . Pro Einwohner und Tag werden 124 Liter verbraucht <sup>672</sup> .	In Holland entsprachen 2005 über 99% der Probenahmen den gesetzlichen Vorgaben <sup>673</sup> .
Wasserpreis	Verluste
Ein Kubikmeter Wasser kostete im 2006 ca. 1.53 €, also umgerechnet knapp 2.5 Franken <sup>674</sup> . Bei durchschnittlichem Verbrauch entspricht dies knapp 70 € (ungefähr 115 CHF) pro Person und Jahr.	Die Wasserversorgung in Holland weist nur sehr geringe Verluste von ca. 6% aus <sup>675</sup> .
<b>rechtliche Organisationsform der Wasserversorger</b>	
In den Niederlanden sind die Wasserversorgungen ausschliesslich öffentlich-rechtlich, in Aktiengesellschaften organisiert <sup>676</sup> . Die Gemeinden des Versorgungsgebiets sind dabei im Besitz aller Aktien.	

### 3.5 Kurzporträt der Wasserversorgung in Italien<sup>677</sup>

Italiens Wasserversorgung ist geprägt von grossen regionalen Betrieben, von denen viele bereits seit den 30er Jahren bestehen<sup>678</sup>. In Italien ist seit 1994 das so genannte Galli-Gesetz in Kraft. Dieses sieht eine Reform der Wasserwirtschaft vor, indem die öffentlichen Betriebe der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung innerhalb von optimalen Gebietseinheiten ATO (ambito territoriale ottimale) zusammengeschlossen und gemeinsam betrieben werden. Eine typische ATO umfasst mehrere Dutzend Gemeinden mit mehreren Hunderttausend Einwohnern<sup>679</sup>. Die Mitgliedschaft der Gemeinden

<sup>669</sup> VEWIN 2007

<sup>670</sup> Scheele 2001

<sup>671</sup> VEWIN 2007

<sup>672</sup> VEWIN 2007

<sup>673</sup> VROM 2006

<sup>674</sup> VEWIN 2007, umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität

<sup>675</sup> Rothenberger 2003

<sup>676</sup> Scheele 2001

<sup>677</sup> wenn nicht anders erwähnt, Informationen aus: Danesi et al. 2007

<sup>678</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht B

<sup>679</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht B

an den ATO ist obligatorisch<sup>680</sup>. Die Verwaltung des ATO sorgt dafür, dass die Wasserversorgungen effizient und wirtschaftlich handeln und kontrollieren die Investitionen, die Qualitätssicherung und die Tarife<sup>681</sup>. Sie übernimmt auch die Rechnungsprüfung und nimmt sich Konsumentenschutzfragen an. Die Wasserversorgung wird meist einem regionalen öffentlich-rechtlichen, in jüngster Zeit öfter auch einem privatrechtlichen Betreiber übertragen<sup>682</sup>. Hauptziel des Galli-Gesetzes ist es, einen Rahmen zu schaffen, in welchem eine langfristige Planung, insbesondere bezüglich der Infrastruktur erfolgen kann. Die Wasserversorgung in Italien ist aufgrund des Gesetzes momentan einem starken Wandel unterworfen.

Italien hat mit 990mm/Jahr gegenüber dem europäischen Durchschnitt (650mm/Jahr) höhere Niederschläge. Die Wasserverfügbarkeit ist dennoch nicht überall problemlos, da die Niederschläge sehr ungleich verteilt sind<sup>683</sup>.

Anzahl Wasserversorger	Wasserverbrauch <sup>684</sup>
Die Versorgung wird von ca. 7800 Wasserversorgungen geleistet.	Die für die Wasserversorgung entnommene Wassermenge entsprach im Jahr 2000 7.6 km <sup>3</sup> . Pro Einwohner und Tag werden 213 Liter verbraucht.
Wasserpreis	Verluste
Der Wasserpreis liegt bei ungefähr 1.23 € (Stand 2002) bzw. knapp 2.60 CHF <sup>685</sup> , die Preise variieren aber innerhalb von Italien sehr stark.	Die Verluste sind in Italien bedeutend und variieren zwischen ungefähr 25% im Norden bis ca. 40% in Sardinien und der Provinz Molise <sup>686</sup> .
rechtliche Organisationsform der Wasserversorger	
Die Wasserversorgung in Italien wird meist direkt von den Gemeinden betrieben (82.6% der Wasserversorgungen). Auch Unternehmen, welche in Besitz der öffentlichen Hand sind, kommen häufig vor (8.8%). Aktiengesellschaften machen 2.7 % aus und die restlichen knapp 6% der Wasserversorgungen gehören unterschiedlichen Organisationsformen an.	

<sup>680</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht B

<sup>681</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht B

<sup>682</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht B

<sup>683</sup> Barba et al. 1997

<sup>684</sup> Schmitz 2002

<sup>685</sup> umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität

<sup>686</sup> Barba et al. 1997

### 3.6 Kurzporträt der Wasserversorgung in England und Wales

<b>Anzahl Wasserversorger</b>	<b>Wasserressourcen</b>
Die Versorgung wird hauptsächlich von 22 Wasserversorgungen übernommen <sup>687</sup> , von welchen einige regionale kombinierte Wasser/ Abwasser-Unternehmen sind <sup>688</sup> .	Das Trinkwasser wird zu zwei Dritteln Oberflächengewässern und nur zu einem Drittel dem Grundwasser entnommen <sup>689</sup> .
<b>Wasserverbrauch<sup>690</sup></b>	<b>Trinkwasserqualität</b>
In England und Wales wurden 2004 17.2 km <sup>3</sup> Wasser für die Wasserversorgung entnommen. Pro Einwohner und Tag werden 150 Liter verbraucht.	Im Jahr 2005 entsprachen 99.96% der Qualitätsproben den gesetzlichen Anforderungen <sup>691</sup> .
<b>Wasserpreis</b>	<b>Verluste</b>
Ein Kubikmeter Wasser kostet durchschnittlich ca. 1.74 € bzw. 2.80 CHF <sup>692</sup> .	Die Wasserversorgung in England und Wales weist Verluste von 19.2% auf <sup>693</sup> .
<b>rechtliche Organisationsform der Wasserversorger</b>	
In England und Wales wurde die Wasserversorgung 1989 vollständig privatisiert <sup>694</sup> . Die Wasserversorger sind regionale Monopolisten und werden von den Regierungsbehörden kontrolliert <sup>695</sup> .	

In England und Wales wurde eine materielle Privatisierung in grösserem Masse umgesetzt<sup>696</sup>, das heisst, dass auch die Anlagen in private Hände übergangen. Die materielle Privatisierung in England und Wales ging mit einer vielfältigen Regulierung seitens der Behörden einher (Preisüberwachung, Investitionskontrolle, ökologische Überwachung, etc.)<sup>697</sup>.

England und Wales verfügen über eine grosse Anzahl Oberflächengewässer sowie ergiebige Jahresniederschläge.

<sup>687</sup> House of Commons 2007

<sup>688</sup> Ewers et al. 2001

<sup>689</sup> OFWAT 2007

<sup>690</sup> Environmental Agency, Bristol ([www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk))

<sup>691</sup> OFWAT 2007

<sup>692</sup> Metropolitan 2006, umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität

<sup>693</sup> Metropolitan 2006

<sup>694</sup> Scherrer et al. 2004

<sup>695</sup> Rothenberger 2003

<sup>696</sup> Rothenberger 2002

<sup>697</sup> Rothenberger 2002

### 3.7 Kurzporträt der Wasserversorgung in Frankreich<sup>698</sup>

<p><b>Anzahl Wasserversorger</b></p> <p>Die Wasserversorgung in Frankreich wird nur von sehr wenigen privaten Anbietern geleistet. Trotzdem ist die Erbringung der Wasserversorgung stark fragmentiert<sup>699</sup>. Es bestehen ca. 13'500 Wasserversorgungssysteme<sup>700</sup>.</p>	<p><b>Wasserressourcen</b></p> <p>Das französische Trinkwasser entstammt zu 63% dem Grundwasser und zu 37% Oberflächengewässern<sup>701</sup>.</p>
<p><b>Wasserverbrauch<sup>702</sup></b></p> <p>Die Wasserproduktion beträgt in Frankreich rund 6 km<sup>3</sup>, von welchen 4.4 km<sup>3</sup> in Rechnung gestellt werden. Pro Einwohner und Tag werden 160 Liter verbraucht.</p>	<p><b>Trinkwasserqualität</b></p> <p>Die Trinkwasserqualität in Frankreich entspricht generell der europäischen Trinkwasserrichtlinie. Von der Bevölkerung wird die Qualität jedoch nicht sehr hoch eingeschätzt, 23% der Franzosen sind mit der Qualität nicht zufrieden<sup>703</sup>.</p>
<p><b>Wasserpreis</b></p> <p>Ein Kubikmeter Wasser kostet in Frankreich durchschnittlich ca. 1.46 €, also gut 2.70 CHF<sup>704</sup>.</p>	<p><b>Verluste</b></p> <p>Die Wasserversorgung in Frankreich weist Verluste von 26.4% auf<sup>705</sup>.</p>
<p><b>rechtliche Organisationsform der Wasserversorger<sup>706</sup></b></p> <p>In Frankreich ist die Wasserversorgung Aufgabe der Gemeinden. Diese delegieren sie meist an Private. Etwa 70% der Bevölkerung werden von Privaten mit Wasser versorgt. Die Anlagen bleiben meist im Besitz der Gemeinden, nur der Betrieb (mit oder ohne Ersatzinvestitionen) wird an Private vergeben. In ländlichen Räumen ist der Anteil privat betriebener Wasserversorger eher gering.</p>	

Der Einbezug privater Unternehmen in die Wasserversorgung hat in Frankreich eine lange Tradition. Private Anbieter erwerben für bestimmte Zeiträume Betriebskonzessionen für die Wasserversorgung. Die Anlagen bleiben meist in öffentlicher Hand. Die Laufzeit einer Betriebskonzession hängt davon ab, ob die Betreiberfirma auch Ersatzinvestitionen vornimmt oder nicht. Die Gemeinden sind dafür verantwortlich, dass die Betreiber die staatlichen Vorgaben einhalten, wobei sie nur einen geringen Spielraum haben, Verstösse zu ahnden. Nebst drei Grossunternehmen prägen auch die rund 15'000 von den Gemeinden verwalteten Wasserzweckverbände die Wasserversorgung in Frankreich. Die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen werden auf nationaler Ebene beschlossen. Frank-

<sup>698</sup> Wenn nicht anders erwähnt: Informationen aus SVGW/ PLAWA unveröffentlicht B

<sup>699</sup> Ewers et al. 2001

<sup>700</sup> Bauby & Lupton 2004 (Country Report France)

<sup>701</sup> Roussel 2007

<sup>702</sup> Roussel 2007

<sup>703</sup> www.cieau.com

<sup>704</sup> Metropolitan 2006, umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität

<sup>705</sup> Metropolitan 2006

<sup>706</sup> Ewers et al. 2001

reich verfügt über ein modernes Wasserversorgungsgesetz, das die Wasserabgabe regelt und sich auf die europäische Trinkwasserrichtlinie<sup>707</sup> abstützt.

In Frankreich sind die Niederschläge bedeutend, wobei sie, wie auch der Wasserverbrauch, nicht gleichmässig über das Land verteilt sind<sup>708</sup>.

### 3.8 Kurzporträt der Wasserversorgung in Österreich<sup>709</sup>

<b>Anzahl Wasserversorger</b>	<b>Wasserressourcen</b>
Die Versorgung wird von mehr als 6000 Wasserversorgungen geleistet <sup>710</sup> .	Das Trinkwasser wird praktisch zu 100% dem Grundwasser entnommen, wobei aus Grund- und aus Quellwasserfassungen stammendes Wasser je ca. 50% ausmachen <sup>711</sup> .
<b>Wasserverbrauch</b>	<b>Trinkwasserqualität</b>
Die gesamte genutzte Wassermenge entspricht 2.6 km <sup>3</sup> . Pro Einwohner und Tag werden 125 Liter verbraucht <sup>712</sup> .	Es gibt keine aktuelle nationale Übersicht über die Trinkwassergüte in Österreich <sup>713</sup> .
<b>Wasserpreis</b>	<b>Verluste</b>
Ein Kubikmeter Wasser kostete im Jahr 2000 durchschnittlich 0.92 € (gut 1.80 CHF) <sup>714</sup> .	Die Wasserversorgung in Österreich weist Verluste von 9% auf <sup>715</sup> .
<b>rechtliche Organisationsform der Wasserversorger</b>	
Die Wasserversorgungen in Österreich setzen sich aus 1900 öffentlichen Wasserversorgungen, 165 Wasserversorgungsverbänden und mehr als 4000 Wassergenossenschaften zusammen <sup>716</sup> .	

Die Wasserversorgung in Österreich ist jener der Schweiz sehr ähnlich. Einerseits erfolgt die Versorgung ebenfalls in eher kleinräumigen Strukturen, andererseits sind auch in Österreich die Wasserres-

<sup>707</sup> Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

<sup>708</sup> Roussel 2007

<sup>709</sup> wenn nicht anders erwähnt: Informationen aus SVGW/ PLAWA unveröffentlicht B

<sup>710</sup> Eisenhut 2007

<sup>711</sup> Eisenhut 2007

<sup>712</sup> Eisenhut 2007

<sup>713</sup> Schönäck et al. 2003

<sup>714</sup> Schönäck et al. 2003, umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich

<sup>715</sup> Schönäck et al. 2003

<sup>716</sup> Eisenhut 2007

sourcen in genügender Menge und guter Qualität vorhanden<sup>717</sup>. Die Wasserversorgung ist im Wesentlichen auf landesgesetzlicher Ebene geregelt. Die Wasserversorgungs- oder Wasserleitungsgesetze enthalten Regelungen über die Anschlusspflicht von Bauten, Anlagen und weiteren Liegenschaften an die öffentliche Wasserversorgung und über den Bezug und die Entrichtung von Gebühren. Teilweise ist die Wasserversorgung aber auch in der Baugesetzgebung geregelt. Die österreichische Trinkwasserverordnung überführt die EU-Trinkwasserrichtlinie<sup>718</sup> in nationales Recht. Die Wasserversorgungen sind grösstenteils in öffentlicher Hand<sup>719</sup>. Das österreichische Wasserrechtsgesetz erlaubt, dass Wasserverbände gegründet werden können. Es sind Verbände auf freiwilliger Ebene aber auch Verbände mit Beitrittszwang möglich. Ebenfalls ist die Bildung von Dachverbänden erlaubt, bei welchen die Mitglieder ihre eigenständige Rechtspersönlichkeit wahren können.

## 4 Organisationsformen und Trägerschaften

### 4.1 Organisationsformen in Deutschland

Die Wasserversorgung stellt einen Bereich der Daseinsvorsorge dar, das heisst, sie muss erbracht werden, um angemessene Lebensbedingungen zu garantieren<sup>720</sup>. Die Gemeinden haben das Recht, die örtliche Daseinsvorsorge selber zu regeln<sup>721</sup>. Die Länder bestimmen aber den Rahmen, in welchem die Gemeinden geeignete institutionelle und organisatorische Strukturen festlegen können<sup>722</sup>. In wie weit eine materielle Privatisierung möglich ist, hängt von den Regelungen auf Bundesländerebene ab<sup>723</sup>, welche diesbezüglich unterschiedlich sind.

In Deutschland sind in der Wasserwirtschaft Regiebetriebe, Eigenbetriebe, Zweckverbände und Eigenengesellschaften häufig<sup>724</sup>. Diese kann man in Organisationsformen des öffentlichen und des privaten Rechts unterteilen.

Organisationsformen des öffentlichen Rechts<sup>725</sup>

Der *Regiebetrieb* ist eine Organisationsform, welche eng an die allgemeine Gemeindeverwaltung gebunden ist<sup>726</sup>. Die Wasserversorgung wird mit eigenem Personal direkt von der kommunalen Verwaltung erbracht. Im Regiebetrieb ist die Wasserversorgung ein Teil der Gemeindeverwaltung und

<sup>717</sup> Eisenhut 2007

<sup>718</sup> Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.

<sup>719</sup> Eisenhut 2007

<sup>720</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>721</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>722</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>723</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>724</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>725</sup> wenn nicht anders erwähnt, Informationen aus Correia & Kraemer 1997

<sup>726</sup> Tauchmann et al. 2006

---

besitzt kein eigenes Rechnungswesen<sup>727</sup>. Vor allem in kleinen und mittleren Kommunen ist der Regiebetrieb eine häufige Organisationsform. Dies vor allem in den alten Bundesländern.

Ein *kommunaler Eigenbetrieb* wird getrennt von der allgemeinen Verwaltung geführt, was zu einer erhöhten Transparenz der finanziellen Verhältnisse beiträgt. Durch einen Werksausschuss kann von politischer Seite her auf die Unternehmung Einfluss genommen werden. Der Eigenbetrieb ist nicht rechtsfähig. Für viele Entscheidungen sind die Stadträte oder politisch gewählte Vertreter des Werksausschusses zuständig. Wasserversorgungen, welche in einem Eigenbetrieb organisiert sind, sind steuerpflichtig. Dies gilt nicht, wenn auf Gewinnerzielung verzichtet wird.

*Zweckverbände* sowie *Wasser- und Bodenverbände* sind Formen der interkommunalen Zusammenarbeit<sup>728</sup>. Sie sind eine Einheit des öffentlichen Rechts und nehmen gemeinsam bestimmte kommunale Aufgaben wie eben beispielsweise die Wasserversorgung wahr. Sie können freiwillig oder als pflichtige Zusammenschlüsse bestehen<sup>729</sup>. Im Gegensatz zum Zweckverband können beim Wasser- und Bodenverband auch natürliche und andere juristische Personen Mitglied sein.

In kleineren Städten und in ländlichen Wasser- und Bodenverbänden gibt es einen Trend zur Zusammenfassung von Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, wenn es sich aus betrieblichen Gründen lohnt. Diese Zusammenlegung soll in Zukunft erleichtert werden.

#### Organisationsformen des privaten Rechts<sup>730</sup>

Bei privatrechtlichen Wasserversorgungen handelt es sich meist um Eigengesellschaften, kommunale oder öffentliche Gesellschaften in Form von Aktiengesellschaften oder GmbHs.

Diese Organisationsformen haben einen höheren Handlungsspielraum bei unternehmerischen Aufgaben. Bei privaten Organisationsformen ist es möglich, Anteile des Unternehmens an Dritte zu verkaufen, was einer Teilprivatisierung entspricht<sup>731</sup>. Die Kommune übt über Aufsichtsgremien Einfluss auf diese Unternehmen, da sie ganz oder teilweise Besitzerin der Wasserversorgung ist. Dieser Einfluss ist aber kleiner als bei Organisationsformen, welche stärker in der Verwaltung integriert sind.

Bei einer AG ist der Einfluss der Aktionäre auf die Hauptversammlung beschränkt während bei der GmbH die Gesellschafter auch in der Geschäftsführung mitwirken können. So kann die GmbH flexibler an die regionalen Bedingungen angepasst werden.

Privatrechtliche Wasserversorgungen sind entweder Eigengesellschaften oder gemischtwirtschaftliche Gesellschaften. Um *kommunale Eigengesellschaften* handelt es sich, wenn Kommunen Gesellschaften gründen, welche ihnen zu 100% gehören. Es ist auch möglich eine Eigengesellschaft zusammen mit anderen Kommunen zu gründen. Diese Eigengesellschaften müssen zugunsten des Allgemeinwohls arbeiten. Die Gewinnabsicht darf nicht das oberste Ziel sein. Von einer *gemischtwirtschaftlichen*

---

<sup>727</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>728</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>729</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>730</sup> Wenn nicht anders erwähnt, Informationen aus Correia & Kraemer 1997

<sup>731</sup> Tauchmann et al. 2006

*Gesellschaft* spricht man, wenn zusätzlich zur Kommune auch private Aktionäre oder Gesellschafter bestehen. Während der Einfluss der Kommune mit steigendem Anteil anderer Aktionäre/Gesellschafter sinkt, steigt die Unabhängigkeit der Geschäftsführung.

Private Organisationsformen haben in Deutschland stark zugenommen<sup>732</sup>. Gründe hierfür sind die Finanzschwäche vieler Gemeinden, der Widerstand der Kundschaft gegen Preiserhöhungen und der Rückgang des Wasserverbrauchs<sup>733</sup>. Durch solche Herausforderungen wünscht sich das Management einer Wasserversorgung, unabhängiger agieren zu können, was mit diesen Organisationsformen möglich ist<sup>734</sup>. Es ist wahrscheinlich, dass in Deutschland der Trend hin zu Privatisierungen seinen Höhepunkt bereits überschritten hat. Teilweise sind bereits wieder gegenläufige Entwicklungen festzustellen<sup>735</sup>.

## 4.2 Organisationsformen in der Schweiz

In der Schweiz sind die Kantone für die Wasserversorgung zuständig, diese delegieren sie aber meist an die Gemeinden weiter. Die Gemeinden können die Wasserversorgung selber übernehmen oder die Versorgungsaufgabe an Dritte abgeben, wobei letzteres weniger häufig vorkommt. Auch wenn eine Gemeinde Dritte mit der Versorgung beauftragt, verbleibt die Verantwortung für die Wasserversorgung bei der Gemeinde.

Für den Betrieb von Wasserversorgungen kommen verschiedene Organisationsformen des öffentlichen und des privaten Rechts in Frage. In der Schweiz sind unselbständige und selbständige öffentlich-rechtliche Wasserversorgungen sowie Genossenschaften die häufigsten Rechtsformen.

### Organisationsformen des öffentlichen Rechts

Die *unselbständige öffentlich-rechtliche Wasserversorgung* ist in der Schweiz die häufigste Rechtsform<sup>736</sup>. Die Wasserversorgung ist dabei eine aus der zentralen Verwaltung ausgegliederte Verwaltungseinheit und verfügt über eine eigene Rechnung<sup>737</sup>. Sie hat aber keine eigenständige Rechtspersönlichkeit<sup>738</sup> und ist deshalb nicht voll handlungsfähig.

Bei Wasserversorgungen, welche als *selbständige öffentlich-rechtliche Anstalten* organisiert sind, werden die Aufgaben durch eine verselbständigte Verwaltungseinheit erfüllt. Die Wasserversorgung ist rechtlich eigenständig sowie handlungs- und vertragsfähig<sup>739</sup>. Oft werden auch noch andere Leis-

<sup>732</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>733</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>734</sup> Tauchmann et al. 2006

<sup>735</sup> Rüfenacht, SIG Genève

<sup>736</sup> Lanz 2003

<sup>737</sup> SVGW 2000

<sup>738</sup> Schaub 2003

<sup>739</sup> Lanz 2003



tungen von dieser Verwaltungseinheit erbracht, wie die Strom- und Gasversorgung<sup>740</sup>. Um eine selbständige öffentlich-rechtliche Anstalt zu gründen, ist ein öffentlich-rechtlicher Erlass, ein so genanntes Gründungsstatut notwendig, in welchem das Ausmass der Entscheidungskompetenzen festgelegt wird<sup>741</sup>. Die Gemeinde als Eigentümerin nimmt Einfluss auf die Besetzung der Organe<sup>742</sup>.

Bei *interkommunalen öffentlich-rechtlichen Zweckverbänden* wird die Infrastruktur von mehreren Gemeinden gemeinsam betrieben, die Gemeinden bleiben aber im Besitz der Anlagen<sup>743</sup>. Ein interkommunaler Rat fällt Entscheidungen, welche aber noch von den einzelnen Gemeinderäten geprüft werden müssen. Vorteil dieser Organisationsform ist vor allem, dass die Planung über Gemeindegrenzen hinaus erfolgt und dass Grössenvorteile erzielt werden können<sup>744</sup>.

#### Organisationsformen des privaten Rechts

Hierbei handelt es sich beispielsweise um *Aktiengesellschaften*, bei welchen die Wasserversorgung zu 100% der Gemeinde gehört. Oft werden von diesen Aktiengesellschaften auch weitere Aufgaben, wie die Elektrizitätsversorgung wahrgenommen<sup>745</sup>. Der Einfluss der Gemeinde auf das Handeln der Wasserversorgung ist geringer als bei unselbständig öffentlich-rechtlichen Anstalten<sup>746</sup>. Entscheidungen werden von einem Verwaltungsrat gefällt<sup>747</sup>.

*Genossenschaften*: Wasserversorgungsgenossenschaften werden mit dem Zweck gegründet, ihre Mitglieder mit Wasser zu beliefern. Mitglieder sind meist die Wasserbezüger<sup>748</sup>, die Genossenschaften gehören also vollständig Privaten. Die Genossenschaften erheben von den Mitgliedern Gebühren für die Erfüllung der Aufgaben der Wasserversorgung. Wenn nur öffentlich-rechtliche Körperschaften, also Gemeinden oder Kantone sich zu einer Genossenschaft zusammenschliessen, ist diese dem öffentlichen Recht unterstellt<sup>749</sup>.

Eine *Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)* ist beschränkt auf ein Stammkapital von maximal 2 Mio. CHF, so dass sie sich für Versorgungsbetriebe meist kaum eignet<sup>750</sup>.

<sup>740</sup> SVGW 2000

<sup>741</sup> SVGW 2000

<sup>742</sup> SVGW/ PLAWA unveröffentlicht A

<sup>743</sup> SVGW 2000

<sup>744</sup> SVGW 2000

<sup>745</sup> Schaub 2003

<sup>746</sup> Scherrer et al. 2004

<sup>747</sup> SVGW 2000

<sup>748</sup> WEA 2004

<sup>749</sup> SVGW 2000

<sup>750</sup> SVGW 2000

## Vergleich der Organisationsformen in der Schweiz

Im Folgenden werden die in der Schweiz vorkommenden Organisationsformen anhand ihrer Entscheidungskompetenzen verglichen.

	unselbständige öffentlich-recht- liche Anstalt	selbständige öffentlich- rechtliche Anstalt	Genossenschaft	GmbH	Aktien- gesell- schaft
Kompetenzen der operativen Führung	gering	vorhanden	hoch	hoch	<b>hoch</b>
Kooperationsfähigkeit	nicht vorhanden	vorhanden	hoch	hoch	<b>hoch</b>
Kapitalmarktfähigkeit	nicht vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden	<b>hoch</b>
Konkursbeständigkeit	hoch	vorhanden	gering	gering	<b>gering</b>
Politische Kontrolle	hoch	gering <sup>751</sup>	sehr gering	sehr gering	<b>gering</b> <sup>752</sup>

Tab. 6: Vergleich der Organisationsformen anhand ihrer Entscheidungskompetenzen<sup>753</sup>

### Beauftragung

Es sind verschiedenste Arten der Beauftragung möglich. In der Schweiz sind vor allem Serviceverträge häufig<sup>754</sup>. Mittels Serviceverträgen können einzelne Aufgaben, beispielsweise die Rechnungsstellung oder das Ablesen der Zähler, an andere Unternehmen vergeben werden<sup>755</sup>.

Betriebsführungsverträge sind eine umfassendere Form der Beauftragung. Dabei wird die Betriebsführung aller Anlagen an ein Unternehmen vergeben. Das Unternehmen kann für die Betriebsführung pauschal entschädigt werden, es können aber auch anreizorientierte Entschädigungen gewählt werden<sup>756</sup>. Betriebsführungsverträge laufen meist über drei bis fünf Jahre.

<sup>751</sup> intensivere politische Kontrolle theoretisch möglich, in der Praxis ist die politische Kontrolle jedoch wenig ausgeprägt

<sup>752</sup> für gemischtwirtschaftliche AG

<sup>753</sup> gekürzt aus SVGW 2000

<sup>754</sup> von Gunten, Eawag

<sup>755</sup> Rothenberger 2002

<sup>756</sup> Rothenberger 2002

### 4.3 Auswirkungen der Liberalisierungsbemühungen auf Organisationsformen

#### Deutschland

In den 1990er Jahren wurden verschiedene Regiebetriebe in Eigenbetriebe umgewandelt<sup>757</sup>. Auch wurden Eigenbetriebe oftmals in eine private Rechtsform überführt, wobei die Unternehmen grösstenteils in öffentlicher Hand blieben<sup>758</sup>. Weitergehende Privatisierungen scheinen aufgrund des politischen Willens, den Einfluss der Kommunen zu erhalten, wenig wahrscheinlich<sup>759</sup>. Es besteht jedoch ein Trend hin zur vertraglichen Übertragung des Wasserversorgungsbetriebes auf Private, auch gibt es vermehrt gemischtwirtschaftliche Betriebe.

#### Holland

In Holland wurden über die letzten Jahrzehnte hinweg viele Wasserversorgungen zusammengeschlossen, was zu einer starken Abnahme der Anzahl Wasserversorgungen führte. Diese Konzentration ist staatlich vorgegeben. Eine Privatisierung der Wasserversorgungen ist verboten. So sind diese Unternehmen vollständig in der öffentlichen Hand, aber als Aktiengesellschaften organisiert. Ökonomische Vorteile sollen in Holland durch die grösseren und flexibleren Strukturen erreicht werden<sup>760</sup>, nicht durch eine Privatisierung.

#### Schweiz

Bisher gab es keine Privatisierungen und Liberalisierungen in der Schweiz<sup>761</sup>. Auch für die Zukunft scheinen Liberalisierungen nicht wahrscheinlich<sup>762</sup>. Dies obwohl verschiedene Treiber für Veränderungen in der Wasserversorgung auch in der Schweiz bestehen<sup>763</sup>. So die Budgetrestriktionen in vielen Gemeinden, erhöhte Anforderungen an die Trinkwasserqualität oder die Liberalisierung im Energiemarkt. Verschiedene Wasserversorgungen schliessen sich aber zu öffentlich-rechtlichen Zweckverbänden oder zu Gruppenwasserversorgungen zusammen<sup>764</sup>, vor allem um die Wassergewinnung gemeinsam vorzunehmen und Bedarfsspitzen besser abzudecken<sup>765</sup>. Zudem besteht ein Trend, dass grössere Wasserversorgungen beispielsweise in Städten mehr Autonomie in ihren Entscheidungen erlangen<sup>766</sup>. In verschiedenen Wasserversorgungen förderte die Diskussion um die Liberalisierung, dass die Effizienz des Unternehmens hinterfragt und verbessert wurde<sup>767</sup>.

<sup>757</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>758</sup> Scherrer et al. 2004

<sup>759</sup> Knothe et al. 2003 in: Scherrer et al. 2004

<sup>760</sup> Rothenberger 2003

<sup>761</sup> Scherrer et al. 2004, Truffer, Eawag

<sup>762</sup> Luís-Manso 2005

<sup>763</sup> SVGW 2000

<sup>764</sup> In den letzten 25 Jahren wurden im Kanton Bern rund ein Dutzend umfassende regionale Umstrukturierungen durchgeführt. (Berdat, ehemals WWA Bern)

<sup>765</sup> Klein 2000

<sup>766</sup> Luís-Manso 2005

<sup>767</sup> von Gunten, Eawag

---

## 5 Entwicklungstendenzen

- Deutschland ist wie die Schweiz föderal aufgebaut. Die institutionellen Strukturen des Gewässerschutzes und der Gewässerbewirtschaftung in Deutschland sind aufgrund dieser föderalen Struktur sehr vielfältig. Diese Vielfältigkeit der Strukturen führt dazu, dass Schwächen des Systems keine Krise der gesamten Wasserwirtschaft zur Folge haben sondern nur regional auftreten<sup>768</sup>.
- Momentan laufen in der Schweiz auf freiwilliger Ebene Pilotprojekte bezüglich integralen Einzugsgebietsmanagements. Es ist noch unklar, welche Rolle das integrale Einzugsgebietsmanagement in Zukunft in der Schweizerischen Gewässerbewirtschaftung spielen wird. Eine weitgehende Regionalisierung, in welcher auch der Abwasserbereich in die Planung mit einbezogen wird, könnte ebenfalls eine mögliche Entwicklung sein. Dies würde zu einer Bündelung der Kompetenzen führen. Unsicher ist aber noch, in wie weit eine Regionalisierung auch über Kantonsgrenzen hinweg möglich ist. Ebenfalls ist unklar, ob und wie sich andere Aspekte der Wasserrahmenrichtlinie wie beispielsweise die vollständige Kostendeckung in der Wasserwirtschaft auf die schweizerische Gesetzgebung auswirken könnten.
- Verschiedene Treiber für eine Liberalisierung oder Umstrukturierung in Deutschland wie ein Rückgang des Wasserverbrauchs oder Widerstand der Konsumenten gegen Preiserhöhungen, sind in der Schweiz nicht oder nicht in dieser Stärke auszumachen. Es gibt aber auch Faktoren wie die Finanzschwäche einiger Gemeinden, die Notwendigkeit physischer Vernetzung um Spitzenbedarfe besser abzudecken oder strengere Qualitätsanforderungen an das Trinkwasser<sup>769</sup>, welche in beiden Ländern vorhanden sind, sich aber in der Schweiz nicht in derselben Weise auswirken.
- Die Niederlande setzten nicht auf die Privatisierung im Wasserversorgungssektor sondern auf eine Konzentration der Betriebe um wirtschaftliche Vorteile zu erzielen.

---

<sup>768</sup> Correia & Kraemer 1997

<sup>769</sup> SVGW 2000

---

## 6 Referenzen und Quellen

- Barba, D.; Caputi, P.; Cifoni, D. (1997): Drinking water supply in Italy. *Desalination* 113. 111-117.
- Bauby, P.; Lupton, S. (2004): Country Report France. In: *Water Liberalization Scenarios. Analysis of the Legislation and Emerging Regulation at the EU Country Level*.  
<http://www2.epfl.ch/webdav/site/mir/shared/import/migration/Deliverable4.pdf> (19. September 2007)
- BGW, ATT, DBVW, DVGW, DWA, VKU (Hrsg., 2005): *Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2005*. [http://www.portaleglv.de/pdf/BRANCHENBILD\\_2005.pdf](http://www.portaleglv.de/pdf/BRANCHENBILD_2005.pdf) (24. August 2007)
- Castell-Exner, C. (2007): Aktuelle Entwicklungen in der europäischen Wasserpolitik zum Schutz der Wasserressourcen. In: *Entwicklungstendenzen in der Wasserversorgung in Deutschland*. 21. Trinkwasserkolloquium vom 14. Februar 2007. *Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft*, Band 188. 176-196.
- Chaix, O.; Wehse, H. (unveröffentlicht): Beschreibung und Analyse von Fallbeispielen zum integralen Einzugsgebiets-Management (IEM). Synthesebericht. Erster Entwurf vom 31. August 2007.
- Correia, F.N.; Kraemer, R.A. (1997): *Institutionen der Wasserwirtschaft in Europa*. Eurowater 1. Band 1. Länderberichte. Berlin Heidelberg.
- Danesi, L.; Passarelli, M.; Peruzzi, P. (2007): Water services reform in Italy: its impacts on regulation, investment and affordability. *Water Policy* 9. 33-54.
- Eisenhut, M. (2007): Wasserversorgung in Österreich. *gwa* 1/ 2007. 33-37.
- ENGREF et al. (2003): *Analysis of the European Unions Explicit and Implicit Policies and Approaches in the Larger Water Sector. Final Report of Work Package 1 (Phase 1) in: Water Liberalization Scenarios*. [http://www2.epfl.ch/webdav/site/mir/shared/import/migration/D1\\_Final\\_Draft\\_1.pdf](http://www2.epfl.ch/webdav/site/mir/shared/import/migration/D1_Final_Draft_1.pdf) (25. September 2007)
- Ewers, H.-J.; Botzenhart, K.; Jekel, M.; Salzwedel, J.; Kraemer, R.A. (2001): *Optionen, Chancen und Rahmenbedingungen einer Marktöffnung für eine nachhaltige Wasserversorgung*. BMWi-Forschungsvorhaben (11/00) Endbericht. <http://www.ecologic.de/download/projekte/950-999/973/973ewers-gutachten.pdf> (20. Dezember 2007)
- Gassner, A. (2006): *Gewässerschutzbestimmungen in der Landwirtschaft. Ein internationaler Vergleich*. Umwelt-Wissen Nr. 0618. Bundesamt für Umwelt. Bern.  
<http://www.bafu.admin.ch/php/modules/shop/files/pdf/php0IHlf2.pdf> (26. September 2007)
- Höll, K.; Grohmann, A. (Hrsg., 2002): *Wasser, Nutzung im Kreislauf - Hygiene, Analyse und Bewertung*. Berlin.
- House of Commons (2007): *Ofwat: Meeting the demand for water. Twenty-fourth Report of Session 2006-07*. <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200607/cmselect/cmpublic/286/286.pdf> (31. Januar 2008)

- 
- Kirschbaum, B. (Redaktion), Umweltbundesamt (Hrsg, 2006): Wasserwirtschaft in Deutschland Teil 1 - Grundlagen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.  
[http://www.umweltdaten.de/wasser/broschuere\\_wasserwirtschaft\\_teil1.pdf](http://www.umweltdaten.de/wasser/broschuere_wasserwirtschaft_teil1.pdf) (3. September 2007)
- Klein, H.-P. (2000): Welche Organisationsstruktur ist zukunftstauglich? Kommunalmagazin 4. 11-14.
- Lahl, U.; Hawxwell, K.A. (2006): REACH - The New European Chemicals Law. Environmental Science & Technology 40(23). 7115-7121.
- Lanz, K. (2003): Ökologische Konsequenzen einer Privatisierung bzw. Liberalisierung der Schweizer Wasserwirtschaft. Gutachten für den WWF Schweiz.  
<http://assets.wwf.ch/downloads/schlussbericht.pdf> (23. August 2007)
- Luís-Manso, P. (2005): Water Institutions and Management in Switzerland, MIR-REPORT-2005-001.  
<http://infoscience.epfl.ch/search.py?recid=53568> (24. September 07)
- Metropolitan Consulting Group (2006): VEWA Survey - Comparison of European Water and Wastewater Prices. Berlin.
- OECD (2003): Environmental Performance Review of the Netherlands - Executive Summary.  
<http://www.oecd.org/dataoecd/51/60/2958654.pdf> (18. September 2007)
- OFWAT (2007): Facts and Figures - May 2007. Birmingham.  
[http://www.ofwat.gov.uk/aptrix/ofwat/publish.nsf/AttachmentsByTitle/water\\_regfacts\\_figs.pdf/\\$FILE/water\\_regfacts\\_figs.pdf](http://www.ofwat.gov.uk/aptrix/ofwat/publish.nsf/AttachmentsByTitle/water_regfacts_figs.pdf/$FILE/water_regfacts_figs.pdf) (17. Dezember 2007)
- Rothenberger, D. (2002): Optionen für die Deregulierung der Siedlungswasserwirtschaft. kommunalmagazin 6. 45-47.
- Rothenberger, D. (2003): Report zur Entwicklung des Versorgungssektors Wasser. CIRUS/ Eawag Mai 2003. [http://www.mikrosysteme.org/documents/Report\\_Wasser.pdf](http://www.mikrosysteme.org/documents/Report_Wasser.pdf) (21. August 2007)
- Roussel, P. (2007): L'eau potable en France. gwa 1/ 2007. 27-31.
- Schaub, C. (2003): Rechtliche Aspekte der Wasserversorgung im Kanton Zürich. Rechtsgutachten im Auftrag des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich AWEL. Zürich.
- Scheele, U. Auf dem Wege zu neuen Ufern? Wasserversorgung im Wettbewerb, in: Knieps, G. (Hrsg., 2001): Lokale Versorgung im Wettbewerb. Chancen – Risiken – Strategien. Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft Reihe B 240, Bergisch-Gladbach, S. 76-116
- Scherrer, C.; Beilecke, F.; Fritz, T.; Kohlmorgen, L. (2004): Gemeinwirtschaftliche Auswirkungen einer Liberalisierung und Deregulierung öffentlicher Dienstleistungen durch das GATS im Sektor Wasserversorgung. Studie im Auftrag der Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien.  
[http://wien.arbeiterkammer.at/pictures/d15/wasserprivatisierung\\_studie.pdf](http://wien.arbeiterkammer.at/pictures/d15/wasserprivatisierung_studie.pdf) (23. August 2007)
- Schmitz, M. (2002): Kostendeckende Wasserpreise in Europa. wwt awt 1/2002. 18-20.  
<http://www.bgw.de/files/pdf/publikation-20020101.pdf> (25. Oktober 2007)
- Schönböck, W.; Oppolzer, G.; Kraemer, R.A.; Hansen, W.; Herbke, N. (2003): Internationaler Vergleich der Siedlungswasserwirtschaft. – Österreichische Bundeskammer für Arbeiter und Angestellte, Informationen zur Umweltpolitik Nr. 153. Bde. 1-5. Wien.

---

Studer, P. (2005): Le Protocole de l'OMS - Ses conséquences sur l'eau et la santé en Suisse. gwa 10. 817-822.

SVGW (2005): W1: Richtlinie für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung. Zürich.

SVGW (Hrsg., 2000): Wasserversorgung in Bewegung: Strukturwandel und Ausblick. Informationsbrochure. Zürich.

SVGW, Arbeitsgruppe PLAWA (unveröffentlicht A): Organisationsformen.

SVGW, Arbeitsgruppe PLAWA (unveröffentlicht B): Rechtliches Umfeld.

Tauchmann, H.; Hafkesbrink, J.; Nisipeanu, P.; Thomzik, M. et al. (2006): Innovationen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft - Einflussfaktoren und Handlungsbedarf. Heidelberg.

van Dijk, M.P.; Schouten, M.; Swami, K.; Kooij, M. (2004): Country Report The Netherlands. In: Water Liberalization Scenarios. Analysis of the Legislation and Emerging Regulation at the EU Country Level. <http://www2.epfl.ch/webdav/site/mir/shared/import/migration/Deliverable4.pdf> (19. September 2007)

VEWIN (2007): Waterleidingstatistiek 2006. Rijswijk.

<http://www.vewin.nl/bestanden/internet/Publicaties/VEWINuitgaven/Waterleidingstatistiek%202006%20webversie.pdf> (19. September 2007)

VROM (2006): De kwaliteit van het drinkwater in Nederland, in 2005. Den Haag.

<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/703719014.pdf> (24. September 2007)

WEA (2004): Selbständige Wasserversorgungen. Broschüre des Wasser und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern. [http://www.bve.be.ch/site/bve\\_wwa\\_93093.pdf](http://www.bve.be.ch/site/bve_wwa_93093.pdf) (3. Oktober 2007)

## **Persönliche Mitteilungen**

Berdats Francis, Dipl. Ing. ETH, Gespräch am 3. Mai 2007

ehemals WWA Bern, Dorf 37, 3053 Diemerswil

Hartmann Daniel, dipl. sc. nat. ETH, telefonische Auskunft vom 27. November 2007

Bundesamt für Umwelt, Grundwasserschutz, 3003 Bern

Hoehn Eduard, Dr., Gespräch vom 23. Oktober 2007

Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Kamm Urs, Dipl. Ing. ETH, telefonische Auskunft vom 3. Oktober 2007

SVGW, Grütlistrasse 44, 8002 Zürich

Meylan Benjamin, dipl. Lm.-Ing. ETH., telefonische Auskunft vom 21. September 2007

Bundesamt für Umwelt, Grundwasserschutz, 3003 Bern

Rüfenacht Hans-Peter, Information an der Sitzung vom 13. Dezember 2007

Services Industriels de Genève, Chemin du Château-Bloch 2, Le Lignon, 1211 Genève 2

---

Studer Pierre, dipl. Lm.-Ing. ETH., telefonische Auskunft vom 9. August 2007  
Bundesamt für Gesundheit, Lebensmittelsicherheit, 3003 Bern

Truffer Bernhard, Prof. Dr., Gespräch vom 5. September 2007  
Eawag, Cirus Sozialwissenschaftliche Innovationsforschung, Überlandstrasse 133,  
8600 Dübendorf

von Gunten Urs, Prof. Dr., Gespräch vom 24. September 2007  
Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf



---

# Wirtschaftliche Aspekte

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche Eawag: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz, Max Maurer, Urs von Gunten



Bild: [www.rhone-thur.eawag.ch](http://www.rhone-thur.eawag.ch)

---

## Zusammenfassung

In der Schweiz wird jährlich Wasser im Wert von gut 2.6 Mrd. CHF umgesetzt, gut 1.2 Mrd. CHF von den Wasserversorgungen. Der Rest entspricht der Industrie-eigenen Wasserproduktion und der Mineralwasserproduktion. Die Wasserversorgungen beschäftigten laut SVGW im Jahr 2005 direkt 2334 Personen. Diese Zahlen erfassen aber nur einen Teil des monetären Wertes einer qualitativ und quantitativ guten Wasserverfügbarkeit. Weitere Aspekte umfassen Volksgesundheit, Lebensqualität und das Image der Schweiz als Heimat und Tourismusland. Die Wasserversorgung ist zudem zentral für die Lebensmittelbranche und den Löschschutz. Schliesslich haben Massnahmen zum Schutz der Trinkwasserressource positive externe Effekte z.B. für den ökologischen Wert der Gewässer, die Fischerei oder die Badewasserqualität. Die meisten dieser Werte sind für die Schweiz nicht quantifiziert.

In der Schweiz werden im Jahr knapp 900 Mio. Liter Mineralwasser im Wert von knapp 700 Mio. CHF konsumiert<sup>770</sup>. Dies entspricht knapp 7% des gesamten Wasserkonsums für Trinken und Kochen.

Die monetäre Erfassung der Bedeutung der Wasserversorgung kann auf verschiedene Arten geschehen. In vielen Studien werden Kosten erfasst, welche entstehen, wenn die Trinkwasserversorgung versagt, bzw. das Trinkwasser akut oder über längere Zeit hinweg Krankheiten und Unannehmlichkeiten verursacht. Aus anderen Studien resultieren die Kosten, welche der Bevölkerung entstehen, um Krankheiten oder Unannehmlichkeiten zu vermeiden.

Aufgrund der Datenlage in der Schweiz kann nicht abgeschätzt werden, in welcher Grössenordnung Kosten für wasserbürtige Krankheiten anfallen und welche Kosten durch die heute getroffenen Massnahmen vermieden werden.

Bezüglich der wirtschaftlichen Bedeutung guter Rohwasserqualität in der Schweiz ist die Datenlage ebenfalls gering. Kosten, welche den Wasserversorgungen aufgrund schlechter Rohwasserqualität entstehen, schlagen sich in höheren Wasserpreisen nieder und werden so auf die Bevölkerung übertragen.

Es existieren keine Studien, welche Kosten und Nutzen des Oberflächen- und Grundwasserschutzes in der Schweiz direkt vergleichen.

Der allgemeine Wasserverbrauch ist von verschiedenen Faktoren beeinflusst. In wie weit Trinkwasser- und Abwasserpreise, demographische Faktoren oder Einstellungen der Bevölkerung eine Rolle spielen ist für die Schweiz nicht quantitativ erfasst.

---

<sup>770</sup> Berechnung nach dem Landesindex der Konsumentenpreise (September 2006): 0.76 CHF/ Liter Mineralwasser.

# 1 Wirtschaftliche Bedeutung der Wasserversorgung

## 1.1 Übersicht

Im Jahr 2005 wurde in der Schweiz ungefähr 1 km<sup>3</sup> Trinkwasser gewonnen (siehe Tab. 7). Dabei hatten die Wasserversorgungen insgesamt Kosten von 1'400 Mio. CHF und investierten 594 Mio. CHF<sup>771</sup>. Es wurden direkt 2334 Personen voll beschäftigt. Nicht quantifiziert sind die indirekt mit der Trinkwasserversorgung Beschäftigten. Der Wiederbeschaffungswert aller Anlagen der Wasserversorgung wird auf 50 Mrd. CHF geschätzt<sup>772</sup>. Die Werterhaltung dieser Wasserinfrastruktur ist eine wichtige Aufgabe der Wasserversorgung.

Wassergewinnung	1'004 Mio. m <sup>3</sup>	100.0 %
Wasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe	622 Mio. m <sup>3</sup>	62.0 %
Wasserabgabe an Gewerbe und Industrie	172 Mio. m <sup>3</sup>	17.1 %
Wasserabgabe für Öffentliche Zwecke u. Brunnen	55 Mio. m <sup>3</sup>	5.5 %
Selbstverbrauch u. Verluste	155 Mio. m <sup>3</sup>	15.4 %

Tab. 7: Übersicht über die jährliche Trinkwassergewinnung und -Abgabe<sup>773</sup>

Es ist nur schwer möglich, Aussagen über die Effizienz der Schweizer Wasserversorgung zu machen, da zu Wasserversorgungen, welche nicht in der SVGW-Statistik erfasst sind, detaillierte Angaben zu wirtschaftlichen Kennzahlen fehlen. Es bestehen jedoch freiwillige Benchmarking Projekte, welche Vergleiche der Effizienz zwischen Wasserversorgungen ermöglichen sollen.

In Abb. 15 ist ein Vergleich der schweizerischen Wasserversorgung mit jener im Ausland anhand der durchschnittlichen Trinkwasserpreise zu sehen. Es ist jedoch hervorzuheben, dass sehr wichtige Faktoren wie die Trinkwasserqualität, der Kostendeckungsgrad oder die Versorgungssicherheit in den verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich sind und die Vergleichbarkeit der Kosten deshalb nur bedingt gegeben ist<sup>774</sup>.

Zum volkswirtschaftlichen Nutzen der Wasserversorgung sind wenig aktuelle Zahlen bekannt. Eine Studie aus dem Jahr 1994 untersuchte die volkswirtschaftliche Bedeutung der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung<sup>775</sup>. Es wurde geschätzt, dass ein Viertel des Werts der Gemeindeanlagen der Wasserversorgung zugeordnet werden können. Die Studie kam zudem zum Schluss, dass durch die Siedlungswasserwirtschaft (Wasserversorgung & Abwasserentsorgung) 5000 Personen direkt und weitere 20'000 Arbeitnehmer indirekt, z.B. in Zulieferfirmen oder Ingenieurbüros, beschäftigt werden.

<sup>771</sup> SVGW 2006

<sup>772</sup> Kamm, SVGW

<sup>773</sup> SVGW 2006

<sup>774</sup> Schmitz 2002

<sup>775</sup> Lehmann 1994

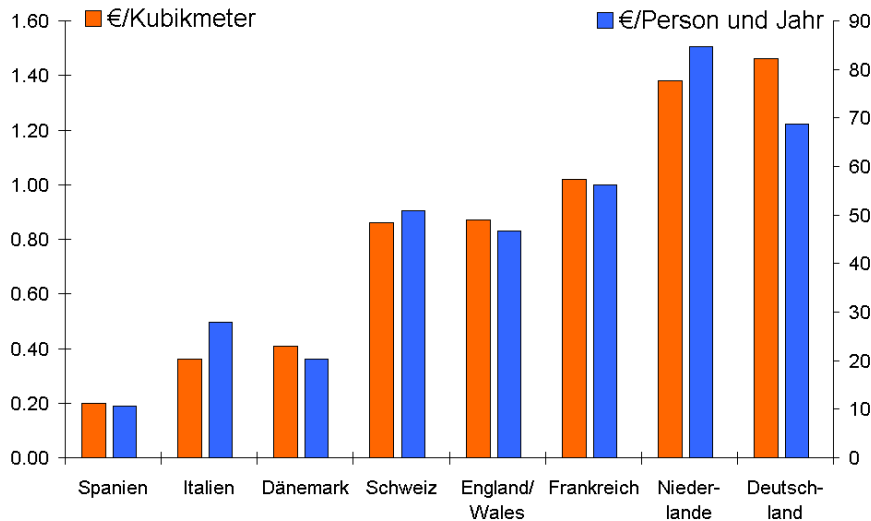


Abb. 15: Vergleich der Trinkwasserpreise pro Kubikmeter und pro Person und Jahr in verschiedenen EU-Ländern und der Schweiz. Daten aus Schmitz 2002 und Gaille 1999<sup>776</sup>.

Die Wasserversorgung in der Schweiz erzielt Nutzen, welche über die reine Versorgung mit Trinkwasser hinausgeht. So trägt beispielsweise im Tourismusbereich eine qualitativ hochwertige Wasserversorgung viel zum Image der natürlichen und gesunden Schweiz bei. Viele Touristen schätzen an der Schweiz die hohe Qualität und Versorgungssicherheit des Wassers. Auch die durch den hohen Standard des Gewässerschutzes gute Badewasserqualität ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert.

Eine wichtige Bedeutung hat die Trinkwasserinfrastruktur auch für den Löschwasserschutz. Ebenfalls ist die Wasserversorgung für die Bewässerung von öffentlichen und privaten Gärten wichtig. Schliesslich ist Trinkwasser für die gesamte Lebensmittelbranche von zentraler Bedeutung. Diese Funktionen der Wasserversorgung, welche über die Versorgung von Haushalten, Gewerbe und Industrie mit Trinkwasser hinausgehen, sind jedoch schwer monetär quantifizierbar.

## 1.2 Kosten wasserbedingter Infektionskrankheiten

Einfacher ist die monetäre Quantifizierung der Trinkwasserversorgung aufgrund von Kosten, welche entstehen, wenn die Trinkwasserversorgung versagt. In verschiedenen Studien<sup>777</sup> wurden Kosten berechnet, welche einer Person aufgrund einer wasserbedingten Infektion entstehen. Grob kann unterschieden werden in medizinische Kosten (Medikamente, Arztbesuche, Spitalaufenthalt etc.) und in Produktivitätsverluste aufgrund Erwerbsausfalls (Krankheitstage, Pflege von kranken Kindern, etc.). Viele Studien stammen aus den USA, wo die jährlichen Kosten von wasserbedingten Krankheitsausbrüchen auf 21.9 Mrd. \$ bzw. gut 48 Mrd. CHF<sup>778</sup> geschätzt werden<sup>779</sup>. Payment (1997) weist darauf

<sup>776</sup> umgerechnet in EUR nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und nach Abzug der Teuerung (auf den Stand von 1998)

<sup>777</sup> Corso et al. 2003, Levin & Harrington 1995, Andersson et al. 1997, Payment 1997

<sup>778</sup> umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich

hin, dass der grösste Anteil der Kosten auf nicht gemeldete Krankheitsfälle zurückgeht. In einer dieser Studien wurde ein Ausbruch von Cryptosporidiose auf wirtschaftliche Effekte untersucht, bei welchem von 1.6 Mio. betroffenen Personen 403'000 erkrankten<sup>780</sup>.

Die Gesamtkosten dieses Cryptosporidiose-Ausbruchs wurden auf 96.2 Mio. \$ geschätzt, was knapp 212 Mio. CHF entspricht. Dies, obwohl in dieser Studie folgende Kosten nicht miteinbezogen wurden<sup>781</sup>:

- Kosten für nichtmedizinische Zwecke der infizierten Personen, wie Kosten für den Transport zu einer ärztlichen Fachperson
- Kosten, die Firmen aufgrund zu wenig Mitarbeitenden entstanden
- Kosten für die Regierung, um den Krankheitsausbruch zu stoppen
- Kosten, um die Wasserversorgung zu verbessern
- Kosten für die Bevölkerung durch den Kauf von Flaschenwasser
- Mindereinnahmen durch den Rückgang des Verkaufs von Getränken und Lebensmitteln aus der Region.

Die Kosten pro erkrankte Person sind in Tab. 8 ersichtlich.

Erkrankungsgrad	Anteil der Erkrankungen	Medizinische Kosten	Produktivitätsverlust/ Erwerbsausfall	Gesamtkosten
geringe Infektion <sup>782</sup>	88% der Erkrankungen	4.55 CHF	257 CHF	<b>264 CHF</b>
mittlere Infektion <sup>10</sup>	11% der Erkrankungen	141 CHF	940 CHF	<b>1080 CHF</b>
starke Infektion <sup>10</sup>	1 % der Erkrankungen	14'600 CHF	3210 CHF	<b>17'800 CHF</b>
<b>Durchschnittliche Kosten</b>		<b>180 CHF</b>	<b>364 CHF</b>	<b>544 CHF</b>

Tab. 8: Geschätzte Kosten pro erkrankte Person während des Cryptosporidiose Ausbruchs in Milwaukee 1993<sup>783</sup>.

Eine Studie über einen Krankheitsausbruch durch Campylobacter in Schweden<sup>784</sup> bezieht neben den medizinischen Kosten und dem Erwerbsausfall verschiedene andere Kosten mit ein (siehe Tab. 9). Insgesamt erkrankten bei diesem Ausbruch 3000 Personen.

<sup>779</sup> Levin & Harrington 1995

<sup>780</sup> Corso et al. 2003

<sup>781</sup> Corso et al. 2003

<sup>782</sup> Es wurde unterschieden in geringe, mittlere und starke Infektionen. Während Personen mit geringer Infektion keine medizinischen Fachpersonen aufsuchten, taten dies Personen mit mittlerer Infektion mindestens einmal. Unter starke Infektionen fielen alle Personen, welche sich in Spitalbehandlung begeben mussten.

<sup>783</sup> Daten aus Corso et al. 2003 umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich

<sup>784</sup> Andersson et al. 1997

Art der Kosten	Kosten	pro erkrankte Person	Anteil an Gesamtkosten
medizinische Kosten (Medikamente, Spitalaufenthalt, etc.)	325'000 CHF	108 CHF	31 %
Erwerbsausfall von kranken und pflegenden Personen	333'000 CHF	111 CHF	32 %
eigene Ausgaben (Flaschenwasser, Transportkosten, etc.)	33'300 CHF	11 CHF	3 %
verschiedene behördliche Untersuchungen	33'400 CHF	-	3 %
Untersuchungen der Wasserversorgung	108'000 CHF	-	10 %
Erneuerungen für die UV-Anlage	222'000 CHF	-	21 %
<b>Gesamtkosten</b>	<b>1'054'700 CHF</b>		<b>100 %</b>

Tab. 9: Einige der Kosten aufgrund des Campylobacter-Ausbruchs in Kinna/Skene (Schweden)<sup>785</sup>.

Zusätzlich zu Krankheitsausbrüchen, welche direkt auf das Trinkwasser zurückgeführt werden können, sind auch Fälle belegt, in welchen Lebensmittel aufgrund des Kontaktes mit Trinkwasser kontaminiert wurden<sup>786</sup>. Es liegen jedoch keine Studien vor, mit welchen sich Häufigkeit und Ausmass in dieser Weise übertragener Krankheitsausbrüche beurteilen liessen<sup>787</sup>. Über wirtschaftliche Auswirkungen von Krankheitsausbrüchen in der Schweiz weiss man sehr wenig.

### 1.3 Kosten aufgrund toxischer Stoffe im Trinkwasser

Nicht nur akute Verunreinigungen mit Mikroorganismen, sondern auch toxische Stoffe können akut oder chronisch zu Gesundheitsschäden führen. Es existieren verschiedene Studien aus den USA zu diesem Thema<sup>788</sup>. Easter & Konishi (2006) geben einen Überblick, wie Kosten durch chemische Verunreinigungen des Trinkwassers quantifiziert werden können. Für verschiedene Stoffe wie beispielsweise Pentachlorphenol oder Dichlormethan wurde berechnet, welche Kosten pro verhinderter Krebserkrankung gespart werden können<sup>789</sup>. Da die Kosten von der Art der Wasserverschmutzung abhängen und diese in verschiedenen Ländern unterschiedlich ist<sup>790</sup>, können die Ergebnisse dieser Studien nicht ohne weiteres auf die Schweiz übertragen werden. Auch kann das Vermeidungsverhalten je nach Land unterschiedlich sein<sup>791</sup>.

<sup>785</sup> aus: Andersson et al. 1997 zusammengefasst und umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich

<sup>786</sup> Tauxe 1997

<sup>787</sup> Rose et al. 2001

<sup>788</sup> z.B. Dwight et al. 2005, Collins & Steinback 1993, Montgomery & Needelman 1997

<sup>789</sup> Raucher 1995

<sup>790</sup> Easter & Konishi 2006

<sup>791</sup> Easter & Konishi 2006

## 2 Wirtschaftliche Bedeutung guter Rohwasserqualität

### 2.1 Wert von Grundwasser

Grundwasser kann für verschiedenste Zwecke genutzt werden. Das Grundwasser hat deshalb für verschiedene Nutzungen unterschiedliche Werte<sup>792</sup>. In Tab. 10 sind die unterschiedlichen Nutzungen aufgeführt. Im Zentrum steht vor allem die Nutzung für Trinkwasser.

Die öffentlichen Wasserversorgungen erzielen einen jährlichen Erlös von knapp 1.2 Mrd. CHF<sup>793</sup>. Auch der Nutzen der Eigenförderung der Industrie (ca. 600 Mio. m<sup>3</sup>)<sup>794</sup> und der Landwirtschaft (ca. 142 Mio. m<sup>3</sup>)<sup>795</sup> kann bewertet werden. Insgesamt schätzt das Bundesamt für Umwelt den jährlichen Verkaufswert des Grundwassers auf über 2 Mrd. CHF<sup>796</sup>.

Wert des Grundwassers	Art der Nutzung
Nutzungswert	<ul style="list-style-type: none"> <li>• für Trinkwasser</li> <li>• für Bewässerung</li> <li>• für die Industrie</li> </ul>
Nicht nutzungsbezogener Wert	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasser für zukünftige Generationen</li> <li>• Exfiltration in Oberflächengewässer, Wasser für Ökosysteme</li> </ul>

Tab. 10: Wert des Grundwassers je nach Art der Nutzung<sup>797</sup>

Müssten die ungefähr 2 Liter pro Person und Tag, welche dem menschlichen Trinkwasserbedarf entsprechen, aufgrund mangelhafter Qualität des Leitungswassers mit Flaschenwasser gedeckt werden, würde der Mineralwasserkonsum von heute 120 l pro Person und Jahr auf mehr als 700 l pro Person und Jahr zunehmen<sup>798</sup>. Dies würde gesamtschweizerisch Mehrkosten von knapp 3.5 Mrd. CHF verursachen<sup>799</sup>.

Der Wert des Grundwassers kann auch über die Zahlungsbereitschaft (willingness-to-pay) geschätzt werden. In einer Studie von Stenger & Willinger (1998) wurde im Elsass beispielsweise die Zahlungsbereitschaft für ein theoretisches Grundwassersanierungsprogramm eruiert.

<sup>792</sup> Kemper et al. 2003

<sup>793</sup> nach Abzug des Eigenverbrauchs und der Verluste

<sup>794</sup> wovon Oberflächenwasser: 492 Mio. m<sup>3</sup>, Grundwasser: 102 Mio. m<sup>3</sup>, Quellwasser: 6 Mio. m<sup>3</sup> und Regenwasser: 0.5 Mio. m<sup>3</sup>; Angaben Kamm, SVGW

<sup>795</sup> Angaben Kamm, SVGW

<sup>796</sup> BAFU unveröffentlicht

<sup>797</sup> Kemper et al. 2003

<sup>798</sup> BAFU unveröffentlicht

<sup>799</sup> BAFU unveröffentlicht

## 2.2 Kosten aufgrund von Grundwasserverschmutzung

Wasserversorgungen und Industrien, welche selber Wasser fördern, sind auf eine gewisse Mindestqualität des Rohwassers angewiesen. Im Folgenden werden Kosten beschrieben, welche durch verschmutztes Grundwasser entstehen.

### Kosten für die Bevölkerung

Für die Bevölkerung kann eine Grundwasserverschmutzung verschiedene Kosten verursachen<sup>800</sup>:

- Kosten verursacht durch Gesundheitsprobleme, welche aufgrund kontaminierten Wassers entstehen
- sinkendes Vertrauen in die Wasserversorgung und steigende Angst vor wasserbedingten Krankheiten
- ökologische Schäden und damit verbundener Rückgang des Erholungswertes von mit diesem Grundwasser in Kontakt stehenden Ökosystemen
- Kosten durch Vermeidungsverhalten, beispielsweise durch das Kaufen von Flaschenwasser
- Kosten durch Kauf und Installation von Aufbereitungsanlagen im Haushalt („point-of-use Systeme“)

In einer Studie von Rinaudo et al. (2005) wurde für das Oberrheindelta angenommen, dass 12% des Flaschenwassers gekauft werden, weil das Trinkwasser mit Nitrat und Pestiziden verschmutzt ist. So ergaben sich jährliche Kosten von ca. 20 Mio. € (auf 925'000 Einwohner), was im Durchschnitt ungefähr 40 CHF pro Person und Jahr entspricht<sup>801</sup>.

Für eine Wasserversorgung können Kosten entstehen<sup>802</sup>:

- durch die Aufgabe von Wasserfassungen,
- durch die Verlegung oder den Ersatz von Wasserfassungen,
- durch die Verdünnung von zu stark verschmutztem Wasser,
- durch den Bau oder die Erweiterung einer Aufbereitungsanlage,
- durch Entschädigungszahlungen bei Vereinbarungen mit Bauern oder
- durch das Kaufen von Teilen des Einzugsgebietes zum Schutz vor Verunreinigungen.

Oben genannte Massnahmen haben insgesamt 28 Wasserversorgungsunternehmen im Untersuchungsgebiet im Elsass zwischen 1988 und 2002 jährlich 1.8 Mio. € gekostet, was gut 3.3 Mio. CHF entspricht<sup>803</sup>. Eine Aufbereitung wurde in diesem Fall von keinem Wasserversorger in Betracht gezogen. In der Studie wurden aber die Kosten berechnet, welche entstehen würden, sobald eine Aufbereitung für die Entfernung von Nitrat und Pestiziden notwendig wird. Die zusätzlichen Kosten wurden auf 5.9 Mio. € (knapp 11 Mio. CHF<sup>804</sup>) abgeschätzt. In dieser Studie wurden die hohen Kosten hervor-

<sup>800</sup> Rinaudo et al. 2005

<sup>801</sup> umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich

<sup>802</sup> Rinaudo et al. 2005

<sup>803</sup> umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich

<sup>804</sup> umgerechnet in CHF nach OECD Preis- und Kaufkraftparität und Teuerungsausgleich



---

gehoben, welche bei einer Aufbereitung entstehen, diese wurden aber nicht verglichen mit Kosten von präventiven Massnahmen an der Quelle, wie dem Ausscheiden von Schutzzonen und damit verbundenen Landnutzungsverminderungen.

Da Kosten, die für Wasserversorgungen aufgrund von Verschmutzungen entstehen an die Kunden weitergegeben werden, sind es Kosten, die indirekt von der Bevölkerung getragen werden.

Die Aufbereitung kostet in der Schweiz durchschnittlich 0.20 CHF pro Kubikmeter<sup>805</sup>, variiert aber stark je nachdem welche Verfahren und wie viele Verfahrensstufen eingesetzt werden. Da pro Jahr 400 Mio. Kubikmeter ohne Aufbereitung abgegeben werden können, entspricht dies theoretisch einer jährlichen Ersparnis von 80 Mio. CHF.

Vermutlich sind diese gesparten Kosten in Realität deutlich höher, da vor allem kleine und sehr kleine Wasserversorgungen keine Aufbereitung besitzen und weil viele existierende Aufbereitungen relativ einfach sind. Im Falle einer Verschlechterung der Grundwasserqualität könnten die Kosten in der Schweiz vermutlich stark steigen, da an vielen Orten neu eine Aufbereitungsanlage gebaut werden müsste. In anderen Ländern, wo bereits mehr Aufbereitungsanlagen bestehen, sind erhöhte Kosten lediglich auf vermehrten Verbrauch von Chemikalien oder eine geringe Erweiterung der Aufbereitung zurück zu führen.

#### Kosten für die Industrie

Viele Industrieunternehmen benötigen Wasser in grösseren Mengen, welches je nach Industriezweig nicht Trinkwasserqualität entsprechen muss. Andere Unternehmen benötigen Wasser, welches reiner sein muss als Trinkwasser. So lohnt es sich für verschiedene Industrien eine eigene Wasserversorgung zu betreiben. Wenn die Industrieunternehmen an einer zentralen Wasserversorgung angeschlossen sind, können bei einer Verschlechterung der Trinkwasserqualität auch für sie Kosten entstehen, z.B. wenn sie aufgrund einer Erhöhung der Nitratwerte ihre Prozesse anpassen müssen<sup>806</sup>.

Wasser kann auch für die Energieproduktion wichtig sein, nicht nur direkt bei Wasserkraftwerken, sondern auch bei Kernkraftwerken. So wird in Kernkraftwerken mit Kühltürmen zur Kühlung ca. 3.2 l Wasser pro produzierte kWh benötigt<sup>807</sup>. Das dazu verwendete Wasser wird von den Kraftwerken entkarbonisiert.

Das BAFU hat den SVGW mit einer Studie über industrie-eigene Wasserversorgungen beauftragt<sup>808</sup>. Die Landwirtschaft wird dabei ebenfalls berücksichtigt, steht aber nicht im Fokus der Studie. Resultate werden Ende 2008 erwartet.

---

<sup>805</sup> BAFU unveröffentlicht

<sup>806</sup> Rinaudo et al. 2005

<sup>807</sup> Gleich 1994

<sup>808</sup> Kamm, SVGW

---

## 2.3 Kosten aufgrund verschmutzten Oberflächengewässern

Auch bei Oberflächengewässern kann die Rohwasserqualität einen Einfluss auf die Kosten der Aufbereitung haben. In einer Studie von Dearthmont et al. (1998) zeigte sich jedoch, dass sich die Kosten für den Wasserversorgungsbetrieb in Abhängigkeit der Rohwasserqualität nur wenig veränderten.

In der Schweiz wurden die meisten Seewasserwerke in einer Zeit gebaut, als die Wasserqualität noch bedeutend schlechter war, als sie dies heute ist. Somit können heute gebaute Wasserwerke vereinfachte Verfahrensketten einsetzen, welche im Bau und im Betrieb günstiger sind<sup>809</sup>. Ebenfalls ist heute die Variation in der Rohwasserqualität geringer, was sich positiv für die Seewasserwerke auswirkt. In der Schweiz müssten also eher die Ersparnisse quantifiziert werden, welche durch die verbesserte Wasserqualität entstanden sind.

Veränderungen der Fliessgewässerqualität schliesslich, können sich auch auf das Grundwasser auswirken. Diese Kosten bzw. Ersparnisse im Falle einer verbesserten Wasserqualität, müssten ebenfalls quantifiziert werden.

### Abwasserentsorgung

Die Wasserqualität der Oberflächengewässer ist auch ein Produkt des Standards der Abwasserentsorgung. In der Schweiz ist dieser sehr hoch, was aber auch Kosten verursacht. Die jährlichen Gesamtkosten der öffentlichen Abwasserentsorgung belaufen sich auf knapp 1.7 Mrd. CHF<sup>810</sup>. Interessant wäre, die Einsparungen der Seewasserwerke durch die verbesserte Wasserqualität mit den Kosten zu vergleichen, welche durch die Abwasserreinigung entstanden sind, um diese Wasserqualität zu erreichen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass dieser Vergleich die positiven Effekte auf das ökologische System gänzlich ausser Acht lassen würde.

---

<sup>809</sup> von Gunten, Eawag  
<sup>810</sup> Herlyn 2007

## 2.4 Kosten des Grundwasserschutzes im Verhältnis zur wirtschaftlichen Bedeutung sauberen Trinkwassers

Kosten, welche der Bevölkerung und der Industrie aufgrund von Grundwasserverschmutzung entstehen, bzw. Kosten, welche aufgrund des Gewässerschutzes vermieden werden, insbesondere durch das Überflüssig machen einer Aufbereitung, können verglichen werden mit jenen Kosten, welche durch Schutzmassnahmen an der Quelle entstehen.

In einer Studie von Hasler et al. (2005) wird der Wert guter Grundwasserqualität anhand der Zahlungsbereitschaft für geschütztes Grundwasser gemessen und direkt verglichen mit dem Wert von aufbereitetem Trinkwasser. Es zeigte sich, dass die Zahlungsbereitschaft für den Schutz des Grundwassers höher war als für eine mögliche Aufbereitung des Grundwassers (siehe Tab. 11).

jährliche Zahlungsbereitschaft pro Person für	
geschütztes und natürlich reines Grundwasser	494 CHF
aufbereitetes Grundwasser	238 CHF
Vorteile für Flora und Fauna in angrenzenden Oberflächengewässern	314 CHF

Tab. 11: Zahlungsbereitschaft für unterschiedliche Grundwasserqualität bzw. Grundwasserfunktionen<sup>811</sup>

Für Landbesitzer in Grundwasserschutzzonen bzw. Wasserschutzgebieten sind die Wertvermindernungen von Grundstücken als Kosten für den Grundwasserschutz zu werten. In Bayern wurde die Wertveränderung landwirtschaftlicher Grundstücke bei der Ausweisung von Wasserschutzgebieten untersucht. Es zeigte sich, dass natürliche Personen die entsprechenden Landwirtschaftsflächen zu im Vergleich zur Umgebung günstigeren Preisen kaufen konnten<sup>812</sup>. Die Wertveränderungen wurden aber nicht quantitativ erfasst.

Massnahmen zur Ökologisierung der landwirtschaftlichen Produktion (im Folgenden: Ökomassnahmen) haben für Landwirte folgende Kosten<sup>813</sup>:

- erhöhte Produktionskosten, z.B. Strohkauf, Mehrarbeit
- geringere Erträge (Opportunitätskosten) und
- Transaktionskosten durch Beantragung ökologischer Direktzahlungen.

In einer Studie von Mann (2003) zeigte sich, dass bei verschiedenen landwirtschaftlichen Ökomassnahmen die Direktzahlungen die Kosten übersteigen. So lohnen sich für einen Talbetrieb im Durchschnitt beispielsweise extensive Wiesen, Streuflächen, Buntbrachen oder Ackerschonstreifen.

<sup>811</sup> Hasler et al. 2005

<sup>812</sup> Huber et al. 2007

<sup>813</sup> Mann 2003

Andere Massnahmen sind für den Bauern mit Nettokosten verbunden. So kosten den Bauern Hecken und Feldgehölze nach Abzug der Direktzahlungen noch 850 CHF/ha<sup>814</sup>. Die volkswirtschaftlichen Kosten verschiedener Ökomassnahmen sind in Tab. 12 ersichtlich.

Massnahme	Volkswirtschaftliche Kosten
Extensive Wiese	1318 CHF/ha
Streueflächen	425 CHF/ha
Hecken und Feldgehölze	4698 CHF/ha
Buntbrache	519 CHF/ha
Ackerschonstreifen	2179 CHF/ha

Tab. 12: Ökomassnahmen und ihre volkswirtschaftlichen Kosten<sup>815</sup>

Es gibt nur sehr wenige Studien, welche sich mit Kostenfragen zu Ökomassnahmen in der Landwirtschaft beschäftigen<sup>816</sup>. Eine Studie welche die Kosten, beispielsweise durch die Ausscheidung von Grundwasserschutzmassnahmen, mit dem Nutzen vergleicht, welcher von einer schadstofffreien Wasserfassung ausgeht, besteht nicht.

### 3 Entwicklungstendenzen

- Die Trinkwasserversorgung kann für verschiedene Wirtschaftszweige, wie die Lebensmittelbranche, die Landwirtschaft oder den Tourismus von grosser Bedeutung sein. Der zusätzliche Nutzen der Trinkwasserversorgung, beispielsweise für das Image der Schweiz, kann aber nur schwer abgeschätzt werden.
- Zu Wasserversorgungen, welche nicht in der SVGW-Statistik erfasst wurden, fehlen detaillierte Angaben zu wirtschaftlichen Kennzahlen. Die Datengrundlage ist somit für eine Beurteilung der Effizienz in der Wasserversorgung unzureichend. Freiwillige Benchmarking Projekte können helfen, trotzdem Vergleiche zu ziehen.
- Es ist wahrscheinlich, dass auch in der Schweiz Kosten für trinkwasserbedingte Krankheiten entstehen. Es kann jedoch aufgrund der heutigen Datenlage nicht abgeschätzt werden, in welcher Grössenordnung diese ausfallen.
- Es bestehen Ansätze, die Kosten abzuschätzen, welche aufgrund von Verschmutzungen des Grundwassers entstehen und Ansätze, die Kosten von Grundwasserschutzmassnahmen zu quantifizieren. Für die Schweiz liegt jedoch noch kein Vergleich vor zwischen den Kosten z.B.

<sup>814</sup> Mann 2003

<sup>815</sup> aus: Mann 2003

<sup>816</sup> Mann, FAT

---

für die Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen und dem Nutzen des Grundwasserschutzes, insbesondere der Ersparnis von Aufbereitungsmassnahmen.

- Da die Ausscheidung von Schutzzonen für kleine Wasserversorgungen teuer sein kann<sup>817</sup>, könnte untersucht werden, wie sich die Gesamtkosten im Vergleich zur jetzigen Situation entwickeln würden, wenn weniger, dafür grössere Wasserversorgungen mit grösseren Schutzzonen die Versorgung in der Schweiz übernehmen. Interessant könnte auch ein Kostenvergleich zwischen der jetzigen Situation (80% Grundwasser und 20% Seewasser) mit den Kosten einer reinen Seewasserversorgung sein.

---

<sup>817</sup> vgl. Kapitel Gewässerschutz

---

## 4 Referenzen und Quellen

Andersson, Y.; de Jong, B.; Studahl, A. (1997): Waterborne Campylobacter in Sweden: The cost of an outbreak. *Water Science and Technology* 35(11-12). 11-14.

Bundesamt für Umwelt BAFU (unveröffentlicht): Leitbild Grundwasser. Bern.

Collins, A.R.; Steinback, S. (1993): Rural household response to water contamination in West Virginia. *Water Resources Bulletin* 29(2). 199-209.

Corso, P.S.; Kramer, M.H.; Blair, K.A.; Addiss, D.G.; Davis, J.P.; Haddix, A.C. (2003): Cost of Illness in the 1993 Waterborne Cryptosporidium Outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerging Infectious Diseases* 9(4). 426-431.

Dearmont, D.; McCarl, B.A.; Tolman, D.A. (1998): Costs of water treatment due to diminished water quality: A case study in Texas. *Water Resources Research* 34(4). 849-853.

Dwight, R.H.; Fernandez, L.M.; Baker, D.B.; Semenza, J.C.; Olson, B.H. (2005): Estimating the economic burden from illnesses associated with recreational coastal water pollution - a case study in Orange County, California. *Journal of Environmental Management* 76(2). 95-103.

Easter, K.W.; Konishi, Y. (2006): What Are the Economic Health Costs of Non-action in Controlling Toxic Water Pollution? *Water Resources Development* 22(4). 529-541.

Gaillie, P. (1999): Der Wasserverbrauch im Schweizer Haus. Messbericht über den Wasserkonsum und Abschätzung des Sparpotenzials. Umweltmaterialien Nr. 114. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern.

Gleick, P.H. (1994): Water and Energy. *Annual Review of Energy and the Environment* 19. 267-299.

Hasler, B.; Lundhede, T.; Martinsen, L.; Neye, S.T.; Schou, J.S. (2005): Economic assessment of the value of drinking water management in Denmark by groundwater protection and purification of polluted groundwater. Discussion paper for the seminar on environmental services and financing for the protection and sustainable use of ecosystems. Genève, 10. & 11. Oktober 2005.

[http://www.unece.org/env/water/meetings/payment\\_ecosystems/Discpapers/ecosystemvalue\\_drinking\\_water\\_Denmark.pdf](http://www.unece.org/env/water/meetings/payment_ecosystems/Discpapers/ecosystemvalue_drinking_water_Denmark.pdf) (15. Oktober 2007)

Herlyn, A. (2007): Status quo der Schweizer Abwasserentsorgung - Kosten, Zustand und Investitionsbedarf. *gwa* 3. 171-176.

Huber, M.; Hoffmann, H.; Hausladen, H.; Jändl, A. (2007): Wertveränderung landwirtschaftlicher Grundstücke durch Wasserschutzgebietsausweisung in Bayern. *Berichte aus der Landwirtschaft* 85(1). 95-121.

Kemper, K.; Foster, S.; Garduño, H.; Nanni, M.; Tuinhof, A. (2003): Economic Instruments for Groundwater Management using incentives to improve sustainability.

Weltbank. Global water partnership associate program. Briefing Note 7.

[http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/ardext.nsf/18ByDocName/BriefingNoteNo7/\\$FILE/BN7Final7Nov03.pdf](http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/ardext.nsf/18ByDocName/BriefingNoteNo7/$FILE/BN7Final7Nov03.pdf) (16. Oktober 2007)

---

Lehmann, M. (1994): Volkswirtschaftliche Bedeutung der Siedlungswasserwirtschaft. *gwa* 74(6). 442-447.

Levin, R.; Harrington, W. (1995): Infectious waterborne disease and disinfection by-products in the US: costs of disease. In Reichhard, E.; Zapponi G. (Hrsg.): *Assessing and Managing Health Risks from Drinking Water Contamination. Proceedings of an international symposium held at Rome in September 1994.* IAHS Publication Nr. 233.

Mann, S. (2003): Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme. Ermittlung der volkswirtschaftlichen Kosten für ökologischen Ausgleich und Tierhaltungsprogramme. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik. FAT Tänikon, Ettenhausen.

Montgomery, M.; Needelman, M. (1997): The welfare effects of toxic contamination in freshwater fish. *Land Economics* 73(2). 211-223.

Payment, P. (1997): Epidemiology of endemic gastrointestinal and respiratory diseases: Incidence, fraction attributable to tap water and costs to society. *Water Science and Technology* 35(11-12). 7-10.

Raucher, R.S. (1995): Integrating risk assessment and economics in evaluating drinking water standards. In: *Assessing and Managing Health Risks from Drinking Water Contamination: Approaches and Applications. Proceedings of the Rome Symposium, September 1994.* IAHS Publication 233.

Rinaudo, J.D.; Arnal, C.; Blanchin, R.; Elsass, P.; Meilhac, A.; Loubier, S. (2005): Assessing the cost of groundwater pollution: the case of diffuse agricultural pollution in the Upper Rhine valley aquifer. *Water Science and Technology* 52(9). 153-162.

Rose, J.B.; Epstein, P.R.; Lipp, E.K.; Sherman, B.H.; Bernard, S.M.; Patz, J.A. (2001): Climate Variability and Change in the United States: Potential Impacts on Water and Foodborne Diseases Caused by Microbiologic Agents. *Environmental Health Perspectives* 109(Suppl. 2). 211-221.

Schmitz, M. (2002): Kostendeckende Wasserpreise in Europa. *wwt awt* 1/2002. 18-20.  
<http://www.bgw.de/files/pdf/publikation-20020101.pdf> (25. Oktober 2007)

Stenger, A.; Willinger, M. (1998): Preservation value for groundwater quality in a large aquifer: a contingent-valuation study of the Alsatian aquifer. *Journal of Environmental Management* 53. 177-193.

SVGW (2006): *Wasserstatistik 2005 - Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz.*

Tauxe, R.V. (1997): Emerging Foodborne Diseases: An Evolving Public Health Challenge. *Emerging Infectious Diseases* 3(4). October-December 1997. 425-434.

---

## **Persönliche Mitteilungen**

Kamm Urs, Dipl. Ing. ETH, telefonische Auskunft vom 3. Oktober 2007 und 18. März 2008  
SVGW, Grütlistrasse 44, 8002 Zürich

Mann Stefan, Dr., Auskunft per Email vom 8. November 2007  
Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD, Forschungsanstalt Agroscope  
Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen

von Gunten Urs, Prof. Dr., Gespräch vom 30. Oktober 2007  
Eawag, Wasserressourcen und Trinkwasser, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf



---

# Forschungsbedarf

Auftraggeberin: Bundesamt für Umwelt BAFU, F402-0342 – Wasser 06.18

Projektverantwortliche Eawag: Urs von Gunten, Max Maurer

Projektverantwortliche BAFU: Daniel Hartmann, Benjamin Meylan

Yvonne Kunz, Urs von Gunten, Max Maurer

Dübendorf, März 2009

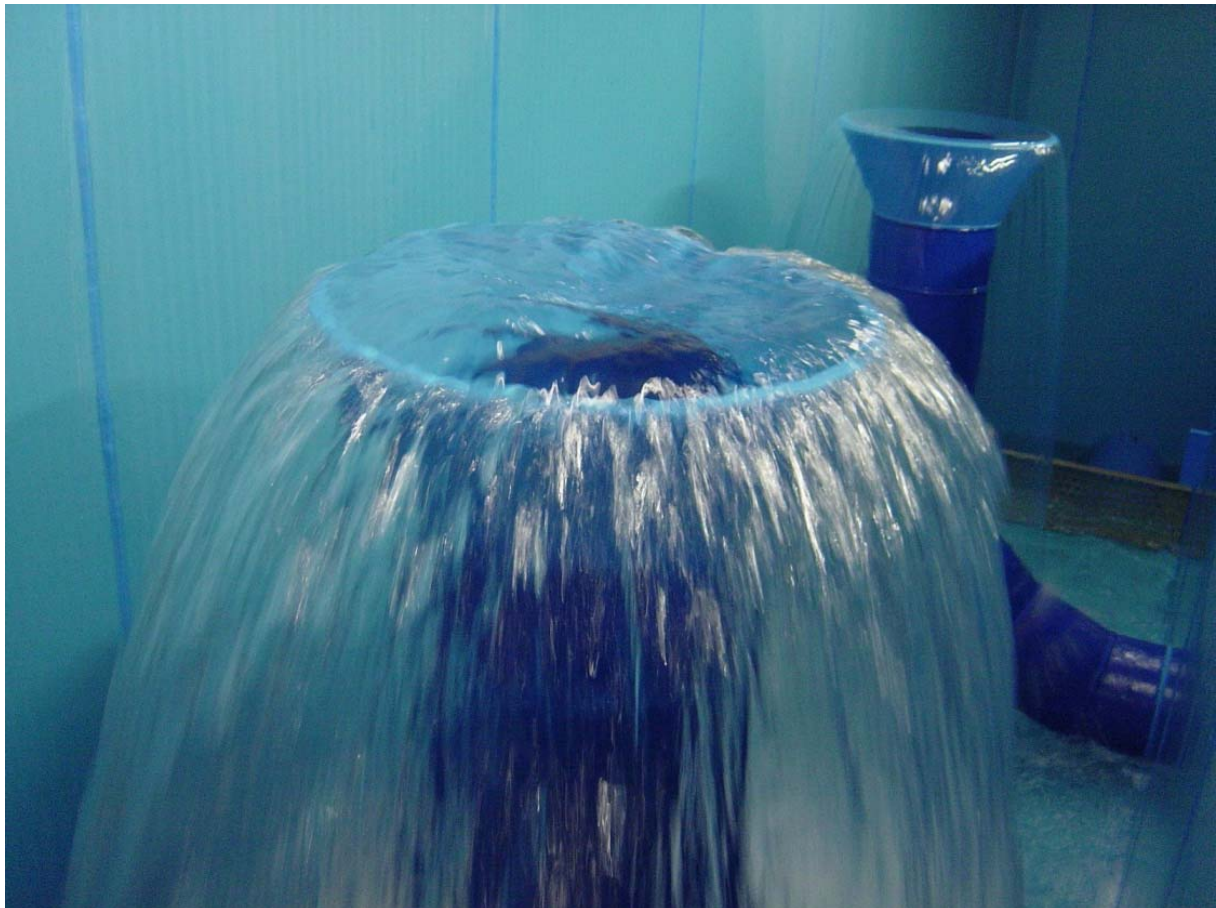


Bild: F. Berdat

---

## Forschungsbedarf

Die folgenden Projekte stellen einen Versuch dar, die im Bericht identifizierten offenen Fragen thematisch zu bündeln. Dabei wird das Schwergewicht vor allem auf die Inhalte gelegt und kaum auf die formalen Randbedingungen der Projekte. Diese müssen bei Bedarf detaillierter in spezifischen Anträgen ausformuliert werden.

### Projektübersicht:

1. *Kleine Wasserversorgungen:*  
*Wert, Kosten und Zustand der Infrastruktur:* Wasserversorgungen mit weniger als 5000 Kunden sind in der Schweiz nur schlecht dokumentiert. Eine repräsentative Untersuchung soll die existierende SVGW Statistik ergänzen und eventuellen Handlungsbedarf quantifizieren.  
*Qualitätssicherung:* Es soll untersucht werden, über welche Qualitätssicherung kleinere und mittlere Wasserversorgungen verfügen und wie sich das auf die chemische und mikrobiologische Trinkwasserqualität auswirkt.
2. *Nationales Datenflussmodell der schweizerischen Wasserversorgung*  
Ein nationales Datenkonzept soll die Datenverfügbarkeit stufengerecht verbessern und die Kosten der Datenhaltung langfristig verringern.
3. *Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen, Trinkwasserqualität und Wasserkonsum*  
Die Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserversorgung (bezüglich Quantität und Qualität) sollen anhand von vorhandenen Daten evaluiert werden. Der Einfluss eines veränderten Abflussregimes von Fließgewässern auf die Grundwasserneubildung soll experimentell untersucht werden.
4. *Die Veränderung von Konsumgewohnheiten beim Trinkwasser*  
Welche Beweggründe lassen Konsumenten zu Flaschenwasser greifen und welche Faktoren helfen dieses Verhalten zu beeinflussen?
5. *Quantifizierung des gesamten Wasserverbrauchs in der Schweiz*
6. *Institutionelle und strukturelle Bedingungen für eine zukunftsfähige Wasserversorgung.*

---

## 1. Kleine Wasserversorgungen'

*Modul: Wert, Kosten und Zustand der Infrastruktur:*

*Ausgangslage:* Wasserversorgungen mit weniger als 5000 Kunden werden von der SVGW Statistik nicht repräsentativ erfasst. Die von uns befragten Fachleute gehen davon aus, dass kleinere Wasserversorgungen oftmals überalterte Infrastrukturen besitzen und demnach einen hohen Investitionsbedarf aufweisen. Allerdings sind auf nationaler Ebene wenig quantitative Informationen verfügbar, die aufzeigen ob es in Zukunft zu substantiellen Problemen kommen wird.

*Ziele:* Es soll eine repräsentative Datengrundlage erstellt werden, die Auskunft gibt über die vorhandene Infrastruktur (Leitungen, Aufbereitungsanlagen, Fassungen, etc), deren Zustand, die Betriebs- und Kapitalkosten und die geplanten Investitionskosten. Ein besonderes Augenmerk soll auf die Vernetzung mit anderen Wasserversorgungen und auf die Desinfektions- und Aufbereitungsanlagen (siehe auch nächstes Modul) gelegt werden.

*Modul: Qualitätssicherung*

*Ausgangslage:* Die hohen Ansprüche an die Trinkwasserqualität stellen vor allem für kleinere Wasserversorgungen ein grosses Problem dar, da die beschränkten finanziellen Mittel oft nicht für eine genügende fachliche Unterstützung (Betrieb, Analytik, Beratung) ausreichen. Aus qualitativer Sicht ist in diesen Wasserversorgungen sicherlich die Hygiene der wichtigste Parameter. Daneben können auch Nitrat, Pestizide oder andere Spurenstoffe eine wichtige Rolle spielen. Es ist oftmals unklar, wie und warum die Wasserversorgungen ihre Anlagen betreiben und welche Zielparameter bei diesen Entscheidungen hinzugezogen werden.

*Ziele:* Anhand von repräsentativen Umfragen sollen wichtige Informationen zu Wasserressourcen, Trinkwasserqualität, Entscheidungskriterien bezüglich der Aufbereitung (Methode, Kontrolle, Betrieb, Überwachung), etc. gesammelt werden. Aufgrund dieser Informationen werden 5-10 kleinere Wasserversorgungen detailliert auf mikrobiologische und chemische Trinkwasserqualitätsparameter untersucht.

## 2. Nationales Datenflussmodell der schweizerischen Wasserversorgung

*Ausgangslage:* Trotz nationalem Wasserversorgungsatlas ist die Verfügbarkeit von aktuellen und relevanten Daten im Trinkwasserbereich uneinheitlich, wenig effizient und wenig nachhaltig. Erste Bestrebungen, wie z. B. RESEAU im Kanton Bern, greifen diese Unzulänglichkeit auf. Diese Bestrebungen sollten auf ein nationales Niveau gebracht werden und mit anderen Datensammlungen in Einklang gebracht werden.

---

*Ziele:* Ein nationales Datenkonzept soll erstellt werden, das die notwendigen Datenflüsse und deren langfristige Haltung für alle Beteiligten (Bund, Kantone, Gemeinden, Versorger) aufzeigt. Schnittstellen, wie z. B. NUS oder NAQUA, sollen ebenfalls berücksichtigt werden.

### **3. Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen, Trinkwasserqualität und Wasserkonsum**

*Ausgangslage:* Die Wasserversorgungen in der Schweiz benötigen im Moment ca. 2% des Gesamtniederschlages oder rund 5% der erneuerbaren Wasserressourcen. Dies zeigt, dass über die ganze Schweiz gesehen wohl auch unter Szenarien der Klimaänderung kein akuter Wassermangel auftreten wird. Allerdings ist unter den heutigen Szenarien davon auszugehen, dass sich die Niederschlagsereignisse verschieben werden und vor allem im Sommer mit vermehrten Trocken- und Hitzeperioden (wie z. B. 2003) zu rechnen ist, welche sich regional auf die Qualität und Quantität der Wasserressourcen und des Trinkwassers auswirken können. Einige Bereiche, die genauer untersucht werden sollten:

- Verändertes Abflussregime der Flüsse, was zu einem erhöhten Abwasseranteil und allenfalls zu reduzierenden Verhältnissen bei der Grundwasserinfiltration führt (Bsp. Thur 2003)
- Bewässerung in der Landwirtschaft und damit verbundene Auswirkungen auf die Grundwasserqualität (veränderte Anwendung von Düngern, Gülle und Pestiziden)
- Einfluss der veränderten Niederschlagsmuster auf oberflächennahe Quellen und Karstquellen
- Veränderte Temperatur- und Mischungsmuster in Seen (Effekt auf Phytoplankton und Cyanobakterienpopulationen)
- Veränderungen in der Wasserqualität und notwendige Anpassungen der Aufbereitung sowie deren Auswirkung auf die Verteilung (Netzschutz: ja oder nein)
- Institutionelle/ organisatorische Probleme, um die Effekte der Klimaänderungen auf die Wasserversorgung anzugehen

*Ziele:* Die Fragestellungen im Zusammenhang mit Klimaänderung und Trinkwasser sind sehr umfangreich und können im Rahmen dieses Projekts nicht vollumfänglich bearbeitet werden. Das Ziel der vorgeschlagenen Untersuchungen ist es, sich anhand des Hitzesommers 2003 (siehe Schriftenreihe Nr. 369 des BUWAL, BWG und Meteoschweiz 2004) eine gesamtschweizerische Übersicht zu verschaffen über die möglichen Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Trinkwasserqualität/ und -quantität in Bezug auf die oben erwähnten Punkten. Diese Daten sollen als Erweiterung in den Wasserversorgungsatlas einfließen, um aufzuzeigen, wo in der Schweiz besondere Risikogebiete liegen. Da die Flussinfiltration für die Gewinnung von Grundwasser im Mittelland entscheidend ist, ist es sinnvoll, die Auswirkungen eines erhöhten Abwasseranteils auf die Wasserqualität (Ausbildung von anaeroben Zonen, Spurenstoffe) zu untersuchen.

Dieses Teilprojekt umfasst somit einen 1. Teil, in dem die verfügbaren Daten zusammengetragen und evaluiert werden und einen 2. Teil, in dem experimentell die Auswirkungen des Abwasseranteils bei der Grundwasserinfiltration auf die Trinkwasserqualität untersucht werden sollen (unter Einbezug von Temperatureffekten, Spurenstoffen, weitergehender Abwasserreinigung ‚polishing treatment‘).

---

#### **4. Die Veränderung von Konsumgewohnheiten beim Trinkwasser**

*Ausgangslage:* Bislang ist unbekannt, inwiefern der Trinkwasserkonsum der Bevölkerung und die Haltung gegenüber der Wasserversorgung Veränderungen unterliegen, die durch personale Faktoren wie Vorlieben, Gewohnheiten, Lebensstile und Ängste, durch soziale Faktoren wie Gerüchte oder Medienberichte sowie durch situationale Faktoren wie Angebot, Preis und Qualitätsschwankungen bestimmt werden. Mit dem Wissen über diese Faktoren wird es möglich sein, inadäquate Einflüsse (z.B. übertriebene Ängste, verzerrte Medienberichte) zu erkennen, ihnen entgegenzuwirken und gegebenenfalls die Bevölkerung mit einer ausgearbeiteten Informationspolitik gegen falsche Annahmen und Vorbehalte zu „impfen“. Mittels längerfristigem Monitoring, einer ausgewählten Stichprobe sowie dem Einsatz einer Kurzbefragung bei Bevölkerungsgruppen, welche eine Schwankung in der Wasserqualität erfahren haben, können Trends und Reaktionen beim Wasserkonsum für die nahe Zukunft ermittelt werden.

*Ziele:* Aufdecken der personalen, sozialen und situationalen Faktoren, welche den Trinkwasserkonsum der Bevölkerung bestimmen und verändern. Insbesondere interessiert, inwiefern Schwankungen in der Trinkwasserqualität, Medienberichte und soziale Einflüsse Konsumgewohnheiten ändern.

#### **5 Quantifizierung des gesamten Wasserverbrauchs in der Schweiz**

*Ausgangslage:* Die Trinkwasserproduktion der Versorgungsbetriebe wird vom SVGW regelmässig erhoben und publiziert. Weitgehend unbekannt ist aber der gesamte Wasserverbrauch in der Schweiz. Dazu gehören insbesondere die Wassergewinnung in Industrie und Gewerbe, der Verbrauch in der Landwirtschaft und der Bezug für Tourismus.

*Ziele:* Eine nationale Erhebung soll aufzeigen, wo und wann welche Wasserbezüge gemacht werden, so dass der gesamte Wasserverbrauch in der Schweiz abgeschätzt werden kann.

#### **6. Institutionelle und strukturelle Bedingungen für eine zukunftsfähige Wasserversorgung**

*Ausgangslage:* Die institutionellen und strukturellen Gegebenheiten der Wasserversorgung sind durch Heterogenität und kleinräumige Steuerungs- und Organisationsformen gekennzeichnet. Grundsätzlich sind die Kantone für die Wasserversorgung zuständig. Diese delegieren die Aufgabe meist an die Gemeinden. Ausnahmen sind Basel-Stadt und Genf, wo die Kantone verantwortlich sind. Auf regionaler und lokaler Ebene haben sich unterschiedliche Trägerschaften als Steuerungs- und Organisationsformen herausgebildet. Den grössten Anteil machen unselbständige öffentlich-rechtliche Formen aus. Oft gibt es auch Genossenschaften oder selbständige öffentlich-rechtliche Anstalten. Daneben haben sich in den letzten Jahren einige öffentliche Wasserversorger privatisiert, in dem sie sich in Aktiengesellschaften umgewandelt haben.

---

*Ziele:* Ein Ziel ist es, die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Steuerungs- und Organisationsformen zu erfassen und zu vergleichen, da die mittel- und langfristige Planung in den unterschiedlichen Steuerungs- und Organisationsformen sehr uneinheitlich umgesetzt wird. Ein weiteres Ziel ist die Beurteilung der Zukunftsfähigkeit der institutionellen und strukturellen Bedingungen für eine sichere und nachhaltige Wasserversorgung in der Schweiz insgesamt. Zur Erreichung der Ziele müssen folgende Aspekte unter die Lupe genommen werden:

- Erfassung und Vergleich der Leistungsfähigkeit von verschiedenen Steuerungs- und Organisationsformen in Bezug auf Legitimation, Effektivität und Effizienz durch Expertenbefragung und Dokumentenanalyse; Abwägung von Vor- und Nachteilen
- Erarbeitung von Vorschläge für Modifikationen der bestehenden Formen der Zusammenarbeit und Organisation auf kantonaler, regionaler und lokaler Ebene zur Steigerung der Leistungsfähigkeit auf der Basis der oben erwähnten Analyse; Vorschläge für die Gestaltung von Transformationsprozessen
- Beurteilung der Eignung von neuen innovativen Formen und Koordinierungsmechanismen (z.B. Regionalisierung, Dezentralisierung) für eine zukunftsfähige Wasserversorgung; Abschätzung der Tauglichkeit von Privatisierungen in organisatorischer oder materieller Hinsicht; Zusammenspiel von öffentlich- und privatrechtlichen Trägerschaften