

# Abwasserentsorgung 2025 in der Schweiz

**Max Maurer, Fabienne Chawla, Jana von Horn, Philipp Stauffer**



## **Impressum**

### **Herausgeber/Auftragnehmer**

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

### **Autorinnen und Autoren**

Max Maurer, Fabienne Chawla, Jana von Horn  
Philipp Stauer (Modulberichte «Siedlungshydrologie» und «Wirtschaftliche Bedeutung»)

### **Auftraggeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser, 3003 Bern; Ulrich Sieber, Michael Schärer  
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

### **Expertinnen und Experten an der Eawag**

Tove Larsen (Neue Technologien), Adriano Joss (Neue Technologien), Andreas Klinke (Policy und Governance), Max Maurer (Infrastruktur des Abwassersystems, Wirtschaftliche Bedeutung), Jörg Rieckermann (Abwasseranfall und Abwasserfracht, Siedlungshydrologie), Hansruedi Siegrist (Neue Technologien), Philipp Stauer (Siedlungshydrologie), Bernhard Truffer (Wirtschaftliche Bedeutung), Alfred Wüest (Einfluss von Abwasser auf Gewässer)

### **Begleitgruppe**

Manfred Beubler (Baselstadt), Olivier Chaix (BG Ingenieur und Berater), Partizia Dazio (BAFU), Martin Gutmann (SWR), Stefan Hasler (Kanton Bern), Markus Koch (Kanton Zürich), Pierre Mange (Kanton Wallis), Irene Purtschert (Kanton Thurgau), Michael Schärer (BAFU), Ulrich Sieber (BAFU), Charles Stadler (Kanton Genf), Martin Würsten (VSA)

### **Vertragsnummer**

Modulbericht auf Projekt 09.0060.PJ / J074-2217; Freigabe BAFU: 12. Oktober 2012, Po

### **Bezug**

Lib4RI — Library for the Research Institutes within the ETH Domain:  
Eawag, Empa, PSI & WSL, Dübendorf  
Download unter <http://www.lib4ri.ch/institutional-bibliography/eawag/schriftenreihe-der-eawag.html>  
ISBN Nr: 978-3-906484-54-9

### **Fotos**

Alle nicht anders gekennzeichneten Fotos und Abbildungen sind Eigentum der Eawag.  
Foto Titelseite: ARA Mönchalt Dorf (ZH), Maurer, Max

August 2012

## Inhalt

<b>Übersicht</b> .....	- 4 -
<b>Dank</b> .....	- 6 -
<b>Zusammenfassung</b> .....	- 7 -
<b>Résumé</b> .....	- 15 -
<b>Summary</b> .....	- 23 -
<b>Handlungsempfehlungen</b> .....	- 31 -
<b>Module</b>	
1 Policy und Governance im Abwassersektor der Schweiz und Europas .....	- 45 -
2 Wirtschaftliche Bedeutung .....	- 75 -
3 Infrastruktur des Abwassersystems .....	- 109 -
4 Abwasseranfall und Abwasserfracht .....	- 129 -
5 Einfluss von Abwasser auf Gewässer .....	- 151 -
6 Siedlungshydrologie .....	- 177 -
7 Neue Technologien .....	- 203 -
<b>Anhang</b> .....	- 227 -

Detailliertere Inhaltsangaben finden sich zu Beginn jedes Moduls

## Übersicht

Der vorliegende Bericht «Abwasserentsorgung 2025» umfasst sieben thematische Modulberichte und ein Kapitel ‚Handlungsempfehlungen‘. Ziel dieses Dokumentes ist es, die Wissenslücken zur Situation und zur Zukunft der schweizerischen Abwasserentsorgung zu identifizieren. Gleichzeitig wird der vorhandene Wissensstand umfassend dokumentiert. Der Fokus liegt auf der Zusammenstellung des auf nationaler Ebene verfügbaren Metawissens und der Identifikation zukünftiger Handlungsfelder in der schweizerischen Abwasserentsorgung. Spezielle Beachtung findet das Thema Klimawandel und dessen direkte und indirekte Einflüsse auf die Abwasserentsorgung.

Aus der Situationsanalyse der Schweizer Abwasserentsorgung ergeben sich zukünftige Aufgaben. In den Modulberichten werden potentielle Massnahmen identifiziert und anschliessend mit Hilfe einer Begleitgruppe von Schweizer Abwasserexperten bewertet. Im Bericht ‚Handlungsempfehlungen‘ werden die prioritären Massnahmen in Handlungsfelder gruppiert und mögliche Vorgehensstrategien erarbeitet.

Im Modulbericht ‚Policy und Governance im Abwassersektor der Schweiz und Europas‘ werden die Gesetzgebung und Organisation der Abwasserentsorgung ausgeleuchtet. Handlungsbedarf wird im Bereich des Managements kommunaler Infrastruktur erkannt, während Veränderungspotential bei der Grösse der Organisationseinheiten und in den Organisationsformen identifiziert wurde. Es wird erwartet, dass der Anteil privater Organisationsformen an der Leistungserbringung im Abwasserbereich in Zukunft zunimmt, wobei das Eigentum in öffentlichen Händen bleiben wird.

Der Modulbericht ‚Wirtschaftliche Bedeutung‘ beziffert den Gesamtwert der Abwasserinfrastrukturen auf rund 116 – 124 Mrd. CHF. Damit betragen die gegenwärtigen Gesamtkosten der Abwasserentsorgung 3.2 Mrd. CHF pro Jahr (ohne Verzinsung des gebundenen Kapitals). Eine zukünftige Kostensteigerung ist absehbar, wobei diese nicht an allen Orten zwingend gebührenwirksam wird.

Im Modulbericht ‚Infrastruktur des Abwassersystems‘ wird auf die Bedeutung von Daten in der Siedlungsentwässerung hingewiesen und eine verbesserte Verankerung der langfristigen Datenhaltung gefordert. Obwohl die Abwasserinfrastruktur in der Schweiz gebaut ist, gibt es eine Reihe von Entwicklungstendenzen, die die Infrastrukturen verändern und substantiell prägen können. Dazu gehören unter anderem die integrative Betrachtung von Netz und Reinigung, neue dezentrale Abwassertechnologien oder die Neubewertung von Trenn- und Mischkanalisation.

Modulbericht ‚Abwasseranfall und Abwasserfracht‘: In der Schweiz werden jährlich insgesamt knapp 1.7 Mrd.  $\text{m}^3\text{a}^{-1}$  Abwasser in den Abwasserreinigungsanlagen behandelt. Der durchschnittliche Trockenwetterzufluss wird mit 1.2 Mrd.  $\text{m}^3\text{a}^{-1}$  und die jährlichen Frachten mit rund 462'000 Tonnen CSB, 40'000 Tonnen Stickstoff und 6'400 Tonnen Phosphor angegeben. Die Hauptfracht stammt dabei zu 69% aus Haushalt- und zu 31% aus Industrieabwässern. Während die Frachten aufgrund der Bevölkerungszunahme im Schnitt zunehmen werden, sind Aussagen bezüglich der zukünftig abzuleitenden Wassermengen und damit der Dimensionierung der Kanäle schwierig.

Im Modulbericht ‚Einfluss von Abwasser auf Gewässer‘ werden die Eintragspfade von Abwasser in Gewässer aufgezeigt. Hohe stoffliche und hydraulische Belastungen treten hauptsächlich in kleinen Gewässern auf. Mikroverunreinigungen stellen eine der grossen Herausforderungen dar. Im Zuge des Klimawandels kommt es im Sommer vermehrt zu langen Trockenperioden mit gleichzeitig hohen

Temperaturen. Anforderungen der Abwasserentsorgung bezüglich der Wärmebelastung von Gewässern werden dadurch steigen.

Im Modulbericht ‚Siedlungshydrologie‘ wird besonders auf die Dimensionierung des Siedlungsentwässerungssystems eingegangen. Handlungsbedarf wird dabei insbesondere bei der Verfügbarkeit moderner hochaufgelöster Regendaten und dem systematischen Umgang mit den verschiedenen Unsicherheiten bei der Netzsimulation gesehen. Auch fehlt eine zuverlässige Analyse des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf die Abwasserentsorgung für die Schweiz.

Neuerungen im Bereich der Abwasserableitung und Abwasserreinigung werden im Modulbericht ‚Neue Technologien‘ aufgezeigt. Schlammbehandlung und die Rückgewinnung von Phosphaten sind weitere zukünftige Arbeitsfelder. Zusätzlich werden Technologien zur Zustandserfassung im Kanalisationsbereich, Neuerungen in der Elektro-, Mess-, Steuer- und Regel- und Leittechnik (EMSRL), Membranverfahren und autotrophe Stickstoffentfernung sowie neuartige Sanitärtechnologien die Zukunft prägen.

## Dank

Die thematische Breite des Berichtes «Abwasserentsorgung 2025» konnte durch die Unterstützung vieler Expertinnen und Experten erreicht werden. Ihnen sei an dieser Stelle ein herzlicher Dank ausgesprochen.

Die Erstellung des Berichtes wurde besonders durch eine Begleitgruppe von Expertinnen und Experten aus dem Umfeld der Schweizerischen Abwasserentsorgung unterstützt. Wir danken an dieser Stelle allen Mitgliedern der Begleitgruppe für die engagierte und konstruktive Zusammenarbeit:

- Manfred Beubler (Baselstadt)
- Olivier Chaix (BG Ingenieure und Berater)
- Partizia Dazio (BAFU)
- Martin Gutmann (SWR)
- Stefan Hasler (Kanton Bern)
- Markus Koch (Kanton Zürich)
- Pierre Mange (Kanton Wallis)
- Irene Purtschert (Kanton Thurgau)
- Michael Schärer (BAFU)
- Ulrich Sieber (BAFU)
- Charles Stadler (Kanton Genf)
- Martin Würsten (VSA)

Für die Erstellung der Modulberichte haben an der Eawag folgende Fachleute eine wissenschaftliche «Göttifunktion» übernommen:

- Bernhard Truffer (Wirtschaftliche Bedeutung)
- Andreas Klinke (Policy und Governance)
- Max Maurer (Infrastruktur des Abwassersystems, Wirtschaftliche Bedeutung)
- Alfred Wüest (Einfluss von Abwasser auf Gewässer)
- Jörg Rieckermann (Abwasseranfall und Abwasserfracht; Siedlungshydrologie)
- Tove Larsen (Neue Technologien)
- Adriano Joss (Neue Technologien)
- Hansruedi Siegrist (Neue Technologien)

Herzlichen Dank für die investierte Zeit sowie für die Bereitstellung von Fakten, Literaturhinweisen und persönlichen Kontakten.

# Zusammenfassung

## Zielsetzung und Eingrenzung

Die Schweiz verfügt heute, dank gezielter Investitionen in der Vergangenheit, über eine flächendeckende, sichere und leistungsfähige Abwasserentsorgung mit qualitativ guten Dienstleistungen. Es gilt jetzt, strategische und taktische Entscheidungen zu treffen, um die verfügbaren Ressourcen langfristig bereitzustellen und effizient für den Erhalt und die Verbesserung der Leistungen einzusetzen.

Ziel dieses Dokumentes ist es, die Wissenslücken zur Situation und zur Zukunft der schweizerischen Abwasserentsorgung zu identifizieren. Gleichzeitig wird der vorhandene Wissensstand umfassend dokumentiert. Das Produkt ist ein Synthesebericht, der in Ergänzung zum Bericht ‚Wasserversorgung 2025‘ eine Gesamtschau zum Wissensstand über die Zukunft der Abwasserentsorgung bietet. Es wurden keine neuen Daten erhoben oder ausgewertet. Der Fokus liegt auf der Zusammenstellung des auf nationaler Ebene verfügbaren Metawissens und der Identifikation zukünftiger Handlungsfelder in der schweizerischen Abwasserentsorgung.

Der vorliegende Synthesebericht „Abwasserentsorgung 2025“ enthält sieben Modulberichte und ein Kapitel „Handlungsempfehlungen“. Die Modulberichte wurden unter der Ägide von Eawag-Experten<sup>1</sup> erstellt, die Hinweise auf Vollständigkeit, graue Literatur und wichtige Interviewpartner geliefert haben. In einer nächsten Phase wurden die einzelnen Modulberichte von den Mitgliedern der Begleitgruppe (siehe Impressum) begutachtet und infolge intensiver Diskussionen ergänzt. Die von der Begleitgruppe bewerteten Massnahmen wurden dann von den Autoren in Massnahmenpakete gebündelt und im Kapitel „Handlungsempfehlungen“ zusammengefasst.

## Handlungsempfehlungen

Obwohl in der Schweiz in Zukunft wenig Abwasserinfrastruktur neu gebaut wird steht die Abwasserentsorgung vor wichtigen Zukunftsaufgaben. In den sieben Modulberichten wurden insgesamt 42 Massnahmen im Bereich Abwasserentsorgung identifiziert. Diese Massnahmen wurden individuell von den Mitgliedern der Expertengruppe nach Wichtigkeit (Priorität), Dringlichkeit und geschätztem Aufwand bewertet. Die Massnahmen wurden dann in 5 Handlungsfelder oder Massnahmenbereiche zusammengefasst:

*1. Infrastrukturen in die Zukunft führen:* Beinhaltet Massnahmen, welche das Infrastrukturmanagement verbessern und die private und öffentliche Kanalinfrastruktur betreffen. Dies ist das grösste Handlungsfeld mit den meisten Massnahmen, viele davon in Priorität 1 und 2. Als Hauptakteure sind vor allem die Kantone und Fachverbände aber auch der Bund gefordert.

Im diesem Handlungsfeld ist die Situation sehr heterogen und es sind auch deutlich mehr Akteure als in den anderen Handlungsfeldern involviert. Ebenfalls ist auf verschiedenen Ebenen auch die Koordination mit weiteren Akteuren, z. B. Gemeinden oder Infrastrukturbetreibern, nötig. Im Bereich Management kommunaler Infrastrukturen fehlt in der Schweiz ein starkes „Zugpferd“, das die Aktivitäten

---

<sup>1</sup>Dr. Tove Larsen, Dr. Adriano Joss, Dr. Andreas Klinke, Dr. Max Maurer, Dr. Jörg Rieckermann, Prof. Hansruedi Siegrist, Dr. Philipp Stauffer, Prof. Bernhard Truffer, Prof. Alfred Wüest

und Kompetenzen über die verschiedenen Akteure und Sektoren hinweg koordinieren kann. Um ein Sektor übergreifendes Vorgehen mit langfristiger Perspektive zu erreichen, könnte eine nationale Infrastruktur-Initiative oder ein Kompetenzzentrum „Infrastrukturmanagement“ eingerichtet werden.

*2. Einzugsgebietsmanagement fördern:* Enthält Massnahmen, welche das koordinierte Vorgehen in den abwassertechnischen Einzugsgebieten verbessern und fördern. Keine der Massnahmen hat höchste Priorität und die meisten wurden mit einer mittleren Wichtigkeit eingestuft. Bei allen Massnahmen kann der Bund als wichtiger Akteur identifiziert werden.

Die Massnahmen in diesem Handlungsfeld sind zumeist von nationaler Bedeutung oder würden von einer starken Koordination profitieren. Aus diesem Grund übernimmt der Bund in diesem Handlungsfeld bereits schon eine starke Führungsrolle und hat mit der Wasseragenda<sup>21</sup> eine geeignetes Gremium, um dieses Thema zu bearbeiten.

*3. Entwässerung der Siedlungen optimieren:* Umfasst die Massnahmen, welche das sichere und optimale Abführen von Regen- und Schmutzwasser aus dem Siedlungsraum garantieren. Als Akteure werden überwiegend die nationalen Fachverbände (v.a. VSA) identifiziert. Das Kompetenzzentrum „Siedlungsentwässerung“ des VSA könnte langfristig Massnahmen in diesem Bereich koordinieren.

*4. Synergien nutzen / Vorgehen harmonisieren:* Enthält die Massnahmen, welche überregional oder auf nationaler Stufe getroffen werden sollen, um Synergien zu schaffen. Nicht überraschend werden hier als nationale Akteure die Fachverbände und der Bund identifiziert.

Viele der Massnahmen in diesem Handlungsfeld sind teilweise umgesetzt, haben aber noch Handlungsbedarf. Insgesamt ist der Aufwand, Massnahmen in diesem Handlungsfeld auszulösen, klein – auch wenn der Gesamtaufwand der einzelnen Massnahmen z.T. als hoch eingeschätzt wird.

*5. Gewässerqualität sichern:* Umfasst Massnahmen, welche direkt der Wasserqualität von Oberflächen- oder Grundwasser zugutekommen oder diese verbessern. Als Akteure stehen insbesondere der Bund und die Forschung im Vordergrund.

Mehrere Massnahmen in Handlungsfeld „Gewässerqualität sichern“ sind bereits in Bearbeitung. Die restlichen 2 Massnahmen mit Priorität 1 und 2 (Integrative Betrachtung von Netz und ARA, I-9, und Auswirkung von Abwasserexfiltrationen auf Gewässer, H-3) könnten sofort als Projekte ausgelöst werden.

Es ist wichtig zu betonen, dass die hier präsentierten Handlungsfelder auf den Bereich Abwasserentsorgung in der Schweiz beschränkt sind.

## **Policy und Governance im Abwassersektor der Schweiz und Europas**

Der Besitz und Betrieb der Infrastruktur ist in der Schweiz mehrheitlich in öffentlicher Hand. Die Organisationsform der Abwasserentsorgung ist in den meisten Fällen stark von den politischen Strukturen der Gemeinden und Zweckverbände geprägt. Die Organisationseinheiten für die Abwasserentsorgung sind demzufolge zumeist kleinräumig und zersplittert.

Veränderungspotential wird vor allem in der Organisationsform und in der Grösse der Organisationseinheiten gesehen. Die Vorteile grösserer Strukturen sind zum einen die Möglichkeit, die Abwasserentsorgung eines gesamten Einzugsgebietes zu optimieren, zum anderen ermöglichen grössere Strukturen einen höheren Grad an Professionalisierung. Neben Gemeindefusionen und der Schaffung

neuer Gemeindeverbände (z. B. für den Betrieb von Kanälen) können bestehende Organisationen den Betrieb entweder an grössere öffentliche Organisationen wie z. B. Aktiengesellschaften in öffentlichen Händen oder eine interkommunale Anstalt (Kt ZH) oder auch an private Unternehmen delegieren.

Es ist also möglich, dass der Anteil privater Organisationsformen an der Leistungserbringung im Abwasserbereich in Zukunft zunimmt, obwohl der Besitz und die allgemeine Organisation noch in öffentlichen Händen bleiben werden. Eine umfangreiche Liberalisierung, insbesondere die Abtretung der Infrastruktur, ist nicht zu erwarten.

Das Management der kommunalen Infrastrukturen ist eine zentrale Aufgabe der Abwasserentsorgung. In der Schweiz gibt es dazu bereits viel Erfahrung und verfügbare Ressourcen. Eine Stärkung des strategischen Managements und dessen Ausdehnung auf alle Betreiber sind die Herausforderungen der nächsten Jahre. Wichtige Themen sind in diesem Zusammenhang die mittelfristige Anlagenplanung, eine nachhaltige Finanz- und Gebührenplanung sowie das Risikomanagement.

Zusätzlich besteht auch ein Trend, das integrale Einzugsgebietsmanagement (IEM), also ein gemeinsames Management von Wasserversorgung, Siedlungsentwässerung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, zu fördern. Derzeit sind die Erfahrungen mit dem IEM noch gering. Es wird aber erwartet, dass das IEM in Zukunft häufiger in der Praxis zu finden sein wird. Es fehlen gesetzliche Grundlagen, um solche Managementansätze einzufordern und die Finanzierungsmechanismen zu definieren. Die Schweiz strebt mit dem IEM ähnliche Ziele wie Europa mit der Wasserrahmenrichtlinie an und erhöht damit die Kompatibilität mit der europäischen Wasserpolitik.

### **Wirtschaftliche Bedeutung**

Die ökonomische Bedeutung der Abwasserentsorgung beschränkt sich nicht nur auf die Sammlung, den Transport und die Reinigung von Schmutz- und Regenwasser. Neben den primären Schutzziele der Gesundheitsvorsorge und des Überflutungsschutzes werden umfängliche Leistungen zur Lebensqualität und zum Erhalt der Umwelt erbracht. Durch die geordnete Abwasserentsorgung werden z. B. vorteilhafte Bedingungen zur Trinkwasserversorgung geschaffen und weitere anspruchsvolle Gewässernutzungen ermöglicht wie Freizeitnutzungen, Baden, Bewässerung etc. Die Leistungen der dazu nötigen umfangreichen Infrastrukturen und Dienstleistungen finden jedoch nur selten ihren Weg in die öffentliche Wahrnehmung und sind für die Schweiz nicht quantifiziert.

Neuere Schätzungen [VSA, 2011] beziffern den Wert der öffentlichen Kanalisationen auf 66 Mrd. CHF und jenen der Abwasserreinigung auf 14 Mrd. CHF. Hinzu kommen etwa 34 – 40 Mrd. CHF für die private Grundstücks- und Liegenschaftsentwässerung [Maurer und Herlyn, 2006] und rund 2 – 4 Mrd. für die gewerblich-industriellen Anlagen. Die Kosten für Bau, Betrieb und Unterhalt der öffentlichen Abwasserentsorgung werden auf 2.2 Mrd. CHF pro Jahr geschätzt [VSA, 2011]. Davon werden 1.2 Mrd. CHF für die Kanalisation und 1.0 Mrd. CHF für die Abwasserreinigung aufgewendet. Insgesamt entfallen über 60% auf die Kapitalkosten [VSA, 2011]. Der Wertverzehr für die privaten Anlagen wird auf rund 1.0 – 1.2 Mrd. CHF pro Jahr geschätzt. Damit betragen die Gesamtkosten der Abwasserentsorgung 3.2 Mrd. CHF pro Jahr (ohne Verzinsung des investierten Kapitals).

Bezogen auf den Wiederbeschaffungswert der Abwasseranlagen suggerieren die derzeitigen Bruttoinvestitionssummen, dass momentan der Wertverzehr nicht durch die Reinvestitionen ausgeglichen wird [BDEW, 2010]. Gleichzeitig stehen Investitionen für den Ausbau der Abwasserreinigung zur Elimination von Mikroverunreinigungen in der Höhe von ca. 1.2 Mrd. CHF und Anpassungsmassnahmen

für eine steigende Bevölkerungszahl an [Abegglen et al., 2011; Moser et al., 2009]. Die daraus resultierende Entwicklung der Gesamtkosten hängt stark von verfügbaren Rücklagen und den Finanzierungsmodellen ab. Unter Berücksichtigung des Bevölkerungszuwachses, der ansteigenden Gewässerschutzanforderungen und eines etwaigen Fremdkapitalbedarfs ergeben sich Kostensteigerungen für die Abwasserreinigung von 15% bis 54%. Für die Siedlungsentwässerung konnte keine Abschätzung gefunden werden.

Eine Steigerung der Gesamtkosten wirkt sich nicht automatisch proportional auf die Gebührenhöhe aus. Wie stark sich der Ausbau der ARA auf die Gebühren auswirken wird, hängt von dem Finanzierungsmodell ab. Die Folgen einer Bevölkerungszunahme sind ebenfalls nicht zwingend gebührenwirksam, weil sich die Anzahl der Gebührenzahler erhöht. Trotzdem ist davon auszugehen, dass die Gebühren in Zukunft lokal steigen können. Gründe dafür sind unter anderem: die Abnahme der stillen Reserven, ein vermehrter Sanierungsbedarf, erhöhte Kapitalkosten, Verbesserung der Reinigungsleistung und die Anpassungen an den Klimawandel.

Im Hinblick auf die Reinvestitionen werden die langfristige strategische Planung und die ggf. verfügbaren Rücklagen für den Werterhalt massgeblich die Kosten- und Gebührenentwicklung vorgeben. Dieser Zusammenhang macht deutlich, dass die strategische Planung und die Entscheidungsfindung sehr grossen Einfluss auf die Gebühren- und Kostenentwicklung haben [Gianella und Maurer, 2006].

In einigen Ländern wird bei der Entscheidungsfindung die Kostenvergleichsrechnung durch eine ökologische Kosten-Nutzen-Analyse ergänzt. Dabei werden neben den betriebswirtschaftlichen Kostenbetrachtungen ebenfalls die externen Umweltkosten und der Nutzen von Umweltleistungen quantifiziert [Kahn, 1998; OFWAT, 2004; UKWIR, 2007].

### **Infrastruktur des Abwassersystems**

Mit mehr als 115 Mrd. CHF Wiederbeschaffungswert und jährlichen Kosten von rund 3.2 Mrd. CHF ist die Abwasserinfrastruktur wirtschaftlich bedeutend. Die meisten infrastrukturelevanten Aufgaben wurden an die Gemeinden delegiert. In der Schweiz werden für die beiden Hauptelemente der Abwasserentsorgung, Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und Siedlungsentwässerung (SE), unterschiedliche Lenkungsinstrumente vorgeschrieben. Für die ARA existieren leistungsabhängige Zielvorgaben, die von den Kantonen überwacht werden. In der Siedlungsentwässerung werden Planungsinstrumente (GEP, REP) vorgegeben. Diese Unterscheidung führt zu einer Reihe von unterschiedlichen Auswirkungen für ARA und Kanalisation.

Auf kantonaler und nationaler Ebene sind relativ viele Informationen über die ARA, aber nur sehr spärliche bis keine über die SE verfügbar. Aus diesem Grunde kann nicht beurteilt werden, ob es im Bereich öffentlicher Kanalisationen einen Investitionsstau gibt und ob die aktuell investierten Summen dazu geeignet sind, die Leistung der Siedlungsentwässerung langfristig sicherzustellen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Planung ist die Verfügbarkeit von zuverlässigen Daten. Der Wert der SE-Daten aus der ersten GEP-Erhebung wird auf rund 511 Mio. CHF geschätzt. Dazu gehören die Aufwendungen für die Zustandserhebungen und das Erheben/Nachführen der Kataster. Durch die im neuen GEP-Musterpflichtenheft vorgesehene Ersterhebung der Liegenschaftsentwässerung wird der Gesamtwert auf rund 800 Mio. CHF steigen. Es besteht im Moment das dringende Bedürfnis und die Gelegenheit (GEP-Musterpflichtenheft, GeoIV, VSA/DSS-Datenmodell und Bedürfnisse NUS), mit gezielten Massnahmen die Datenhaltung und den Informationsfluss nachhaltig zu verbessern.

Obwohl die Abwasserinfrastruktur in der Schweiz erstellt ist, gibt es eine Reihe von Entwicklungstendenzen, die die Infrastrukturen verändern und substantiell prägen können. Dazu gehören unter anderem die integrative Betrachtung von Netz und Reinigung sowie die Optimierung des Gesamtsystems (z.B. neue, dezentrale Abwasserinfrastrukturen, Neubewertung von Trenn- und Mischkanalisation).

### **Abwasseranfall und Abwasserfracht**

In der Schweiz werden jährlich insgesamt knapp 1.7 Mrd.  $\text{m}^3\text{a}^{-1}$  Abwasser in den ARA behandelt. Der durchschnittliche Trockenwetterzufluss wird mit 1.2 Mrd.  $\text{m}^3\text{a}^{-1}$  angegeben. Damit liegt der Abwasseranfall im Durchschnitt zwischen 440 bis 650 Litern pro Einwohner und Tag. Einige Parameter werden den Abwasseranfall in Zukunft verändern: Aufgrund des Klimawandels ist eine Häufung von Starkniederschlägen in den nächsten 50 Jahren zu erwarten, was insbesondere einen Einfluss auf den Spitzenanfall haben wird. Das demographische Wachstum wird die Menge des Haushaltabwassers erhöhen. Wichtiger für die einzelnen ARA sind aber die lokale Verteilungsdynamik sowie das Konsumentenverhalten der Bevölkerung.

In der Schweiz fallen pro Jahr rund 462'000 Tonnen CSB, 40'000 Tonnen Stickstoff und 6'400 Tonnen Phosphor an. Die Hauptfracht stammt dabei zu 69% aus Haushalt- und zu 31% aus Industrieabwässern. Nicht nur das Abwasser sondern auch abgeleitetes Regenwasser ist mit Schwermetallen und Mikroverunreinigungen wie Pestiziden verschmutzt. Zukünftige Herausforderung ist der Umgang mit Mikroverunreinigungen und Nanopartikeln. Obwohl die wichtigsten Mikroverunreinigungen heute gut bekannt sind, wird erwartet, dass mit dem technischen Fortschritt mehr und mehr Stoffe messbar werden. Über das Verhalten der Nanopartikel im Abwasser und in der Umwelt ist kaum etwas bekannt. Aus dem nationalen Forschungsprogramm NFP 64 werden dazu neue Erkenntnisse erwartet.

Die Massnahmen der generellen Entwässerungsplanung (GEP) haben und werden viel dazu beitragen, Fremdwasser aus der Kanalisation zu entfernen. Verringert sich die Wassermenge, so steigen die Konzentrationen bei gleichbleibender Fracht. Höhere Abwasserkonzentrationen verbessern im Allgemeinen die Reinigungsleistung in ARA. Eine substantielle Erhöhung der Abwasserkonzentrationen kann in Einzelfällen zu Problemen in der ARA führen. Geeignete verfahrenstechnische Massnahmen führen jedoch in allen Fällen zu einer Netto-Verbesserung der Reinigungsleistung. Für die Kanalisation kann eine Verringerung der Wassermenge (durch Reduktion des Fremdwasseranteils und/oder vermehrtes Wassersparen der Bevölkerung) zu Problemen führen. Eine verringerte Schleppkraft und Stagnation von Abwasser in den Leitungen können vermehrte Ablagerungen, Geruchsprobleme und erhöhte Korrosion in der Kanalisation hervorrufen.

Die Dimensionierung der (Misch- und Regenwasser-)Kanalisation ist durch die abzuführende Regenmenge bestimmt. Versickerungen, Rückhaltmassnahmen und Verzicht auf Oberflächenversiegelung können die Anforderungen an die Ableitung vermindern und lokal bei Mischkanalisationen und Trennkanalisationen einen Einfluss auf die Kosten haben. In Zukunft muss damit gerechnet werden, dass durch den Klimawandel die für die Dimensionierung relevanten Spitzenregen häufiger und stärker werden. Die Reduktion der abzuleitenden Regenmengen steht dann den Aufwendungen für eine Vergrösserung der Kanäle gegenüber.

Der Einfluss von Gewerbe und Industrie auf die Abwasserfrachten ist substantiell und kann nicht verlässlich abgeschätzt werden. Ökonomische und politische Randbedingungen können in kurzer Zeit grosse Veränderungen bewirken. Dies ist besonders für ARA kritisch, in denen wenige Betriebe die Dimensionierung der ARA substantiell beeinflussen. Verlassen solche Betriebe das Einzugsgebiet,

sollte verhindert werden, dass die Allgemeinheit die Kosten der Überkapazitäten tragen muss. Wirksamste Massnahme ist es, den ARA genügend unternehmerische Freiheiten zu gewähren, um flexibel auf Veränderungen reagieren zu können. Dies kann durch ein geeignetes Finanzierungs- und Organisationsmodell erreicht werden.

### **Einfluss von Abwasser auf Gewässer**

Die Gewässerqualität in der Schweiz hat sich in den letzten Dekaden deutlich verbessert. Der Ausbau der Abwasserbehandlung mit Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphatentfernung sowie das Phosphatverbot in Waschmitteln haben die Nährstofffrachten aus urbanen Räumen deutlich verringert. Heute sind Probleme für die Biozönose insbesondere in kleinen Fliessgewässern zu erwarten, wo gereinigtes Abwasser, Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen (stofflich und hydraulisch) eine relativ hohe Belastung verursachen können.

Mikroverunreinigungen stellen die Abwasserentsorgung heute und in absehbarer Zukunft vor grosse Herausforderungen. Die grosse Vielfalt von Stoffen, die sich kontinuierlich erweitert und in sehr geringen Konzentrationen Wirkungen in der aquatischen Umwelt entfalten kann, stellt herkömmliche Monitoringkonzepte vor grosse Aufgaben. Schon heute sind anthropogene Mikroverunreinigungen regional in hormonaktiven Konzentrationen in unterirdischen und oberirdischen Gewässern nachweisbar. Über die ökotoxikologischen Wirkungen vieler Einzelstoffe, der Wirkung von Stoffmischungen und pulsartiger Stoffeinträge sind noch ungenügende Kenntnisse vorhanden.

Grundwasser bildet in der Schweiz die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung. Durch den Austausch zwischen Grundwasserkörper und Oberflächengewässern sowie durch Exfiltration von Abwasser aus der Kanalisation kann eine Verunreinigung des Grundwassers stattfinden. Insbesondere Karstquellen sind anfällig. Mikroverunreinigungen sind bereits in geringen Konzentrationen im Grundwasser nachgewiesen, die aber nach heutigem Kenntnisstand zu keiner Gesundheitsgefährdung führen sollten. Aus vorsorglichen Gründen sollte die stoffliche Belastung des Grundwassers möglichst tief gehalten werden.

Dem Klimawandel wird eine zukünftige Häufung lang anhaltender Trockenwetterperioden zugeschrieben. Wie der Sommer 2003 bereits verdeutlichte, schränkt dies die Wärmeaufnahmekapazität der Gewässer ein. Wärmelasten aus der Abwasserentsorgung und der Energiewirtschaft gilt es daher in Zukunft zu erfassen und möglichst gering zu halten.

Die hygienische Qualität der als Badegewässer deklarierten Gewässer ist normalerweise gut und erlaubt das Baden während des ganzen Sommers. Trotzdem kann die hygienische Qualität bei Regenwetter durch Mischwasserentlastungen lokal beeinträchtigt werden.

## **Siedlungshydrologie**

Die Siedlungshydrologie ist von zentraler Bedeutung für die Dimensionierung der Kanäle und der Entlastungsbauwerke, die Niederschlagswasser bei Starkregen direkt ins Gewässer führen. Wichtige Elemente sind dabei die für die Dimensionierung relevanten Regendaten, die Flächennutzung zur Bestimmung der Abflussbeiwerte, die anzuwendenden Modelle sowie der Umgang mit Unsicherheiten und Sicherheitsfaktoren.

In der Schweiz sind hauptsächlich zwei Sätze an Regendaten für die Dimensionierung in Gebrauch: 1. Die Regenauswertungen von Hörler und Rhein (1962), welche veraltet sind und lediglich auf der Auswertung von 16 Stationen basieren. 2. Die Richtlinie SN 640 350 (VSS, 2001), die für die Strassenentwässerung geltend ist. Beide Datensätze genügen aber den modernen Bedürfnissen der Siedlungsentwässerung nicht.

In der Schweiz wird die Kanalisationsdimensionierung noch oft mit dem Fließzeitverfahren berechnet. Die Anwendung von hydrologischen oder hydrodynamischen Simulationen ist aufwendiger, ermöglicht dafür aber die Berechnung der Überflutungsereignishäufigkeit, die Dimensionierung der Rückhaltebecken und die Abschätzung der Schmutzfrachtdynamik von Entlastungen. Alternativ können für die Planung der Regenbecken auch vereinfachte hydrologische Simulationsmodelle verwendet werden. In diesen Kontext ist auch der STORM-Ansatz eingebettet.

Bei der Anwendung von Modellen ist der sorgfältige Umgang mit Unsicherheiten von zentraler Wichtigkeit. Dabei ist zu unterscheiden zwischen (i) Modellunsicherheiten, welche die Aussagekraft der Modelle beeinträchtigen; (ii) Parameter- und Inputunsicherheiten, denen entweder mit konservativen Annahmen oder mit Messungen begegnet werden kann und (iii) szenarische Unsicherheiten, welche die Unkenntnis über die zukünftige Entwicklung charakterisieren. Zu den szenarischen Unsicherheiten gehören insbesondere die Siedlungsentwicklung und der Klimawandel. Das Ausmass des Klimawandels und die voraussichtlichen Wirkungen auf die Siedlungshydrologie sind schwer zu beurteilen. Forschungen über die Simulation der Klimawandelwirkungen auf die Siedlungshydrologie zeigen, dass der Klimawandel einen starken Einfluss auf die Mischwasserentlastungen und auf die Abwasserüberflutungen haben kann. Analysen der Regendaten aus Deutschland und Österreich zeigen, dass es keinen zunehmenden Trend der für die Dimensionierung der Entwässerungsanlagen bedeutsamen Regenereignisse gibt. Es fehlt aber eine zuverlässige Analyse des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf die Abwasserentsorgung für die Schweiz.

## **Neue Technologien**

Ein wichtiger Treiber für die Entwicklung neuer Technologien ist die Ressourceneffizienz. Diese führt in der Abwasserentsorgung zu neuen Technologien, die Kosteneinsparungen und eine Rückgewinnung von Energie und Nährstoffen aus dem Abwasser ermöglichen.

Bei der Abwasserableitung gibt es in allen relevanten Bereichen neue Technologien, die den Werterhalt und die Unterhaltmassnahmen gezielter und kostengünstiger gestalten. Insbesondere die neuen Technologien in der Zustandserfassung (neue Kamerasysteme mit GIS-Integration) machen es möglich, den Zustand des Gesamtsystems (inkl. Liegenschaftsentwässerungen) regelmässig zu kontrollieren. Grundsätzliche Änderungen im Hinblick auf das Gesamtsystem der Siedlungswasserwirtschaft

sind aber durch die technischen Neuerungen nicht zu erwarten. Kritische Punkte bleiben auch in Zukunft die Qualitätssicherung der eingesetzten Materialien, Bautechniken und die notwendige Fachkenntnis.

Bei der Abwasserreinigung stehen neben der autotrophen Stickstoffentfernung (Anammox) vor allem die Membrantechnologie und die neuen Verfahren zur Elimination der Mikroverunreinigungen im Fokus der Aufmerksamkeit.

Die Entwicklungen in der Elektro-, Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik (EMSRL) und der Fernüberwachung haben einen tiefgreifenden Wandel in der Kläranlagentechnik erlaubt. Sie ermöglichen die Implementation und Optimierung komplexer Verfahren und die dynamische Nutzung verfügbarer Kapazitätsreserven. MSR werden in Zukunft weiter eine zentrale Rolle in der Entwicklung der Abwasserreinigung spielen.

Im Bereich der weitergehenden Schlammbehandlung existiert eine Vielfalt an neuen Technologien, die die Energieverwertung und die Ressourcenrückgewinnung (v.a. Energie) zu verbessern versprechen. Allerdings wird deren Bedeutung für die Schweiz aufgrund der etablierten thermischen Schlammverwertung als gering eingestuft. In Zukunft wird, aufgrund der knapper werdenden Ressource Phosphor und der Realisierung von Monoverbrennungen und Monodeponien für Klärschlammmasche, die Rückgewinnung von Phosphor, insbesondere aus Asche, relevant.

Bei den Neuartigen Sanitärtechnologien (NASS) handelt es sich um Konzepte, die durch grundlegende Veränderungen im Umgang mit Abwasser Verbesserungen in der Effizienz und Effektivität versprechen. Dabei werden zwei grundlegende Ansätze verfolgt: (i) Dezentrale Konzepte mit dem Ziel, möglichst weitgehend auf eine aufwendige und investitionslastige Kanalisation verzichten zu können. (ii) Trennen und separate Behandlung der Stoffströme, was die weitergehende stoffliche und energetische Nutzung der im Abwasser enthaltenen Ressourcen ermöglicht. Die Technologien sind besonders interessant für wasserarme Gebiete und schnell wachsende oder schrumpfende Regionen. In der Schweiz werden diese Konzepte hauptsächlich in Pilotprojekten sowie in Randregionen und dünn besiedelten Gebieten zum Einsatz kommen.

## Résumé

### Objectifs et limites de l'étude

Grâce aux investissements consentis par le passé, la Suisse dispose aujourd'hui sur tout son territoire d'un système fiable et performant d'évacuation et de traitement des eaux usées. Elle se situe cependant à un tournant et doit maintenant définir de nouvelles stratégies pour assurer à long terme la pérennité des moyens et des infrastructures et garantir la qualité et l'amélioration des prestations.

L'objectif de cette étude est de faire le point des connaissances sur l'état du système d'assainissement suisse et de mettre en évidence les grandes inconnues concernant son avenir. Elle procède en cela d'un inventaire et d'une analyse de données existantes et débouche sur un rapport de synthèse qui vient compléter celui paru récemment sur l'approvisionnement en eau. Son ambition est de faire la synthèse du savoir disponible au niveau national afin d'identifier les domaines dans lesquels des efforts devront être fournis pour maintenir la qualité de l'assainissement en Suisse.

Le rapport de synthèse de l'étude « Assainissement 2025 » est composé de sept rapports individuels et s'achève sur un chapitre reprenant les actions préconisées par les spécialistes. Les rapports individuels ont été rédigés sous l'égide de plusieurs experts de l'Eawag<sup>2</sup> qui les ont contrôlés et les ont enrichis de leur connaissance de la littérature non-commerciale et des spécialistes dans les domaines concernés. Les différents rapports ont ensuite été évalués par les membres du groupe d'accompagnement (cf. Impressum) et éventuellement complétés après discussion. Les mesures proposées par le groupe d'accompagnement ont ensuite été regroupées par thème par les auteurs dans le chapitre « Actions préconisées ».

### Actions préconisées

Même si les besoins en nouvelles constructions sont déjà à peu près couverts, la Suisse a encore fort à faire dans le secteur de l'assainissement. Pas moins de 42 actions à entreprendre ont ainsi été proposées dans les sept rapports individuels. Après les avoir examinées, le comité d'experts a établi un ordre de priorité en fonction de leur urgence, de leur importance stratégique et des investissements qu'elles nécessitent. Les mesures préconisées ont ensuite été regroupées en cinq domaines d'action:

*1. Assurer la pérennité des infrastructures:* Ce champ d'action regroupe les mesures destinées à améliorer la gestion des infrastructures d'évacuation des eaux tant publiques que privées. C'est le domaine le plus important des cinq: il compte le plus grand nombre de mesures dont la plupart sont de priorité 1 ou 2. Les principaux concernés sont les cantons, les associations professionnelles et dans une moindre mesure la Confédération.

Ce domaine d'action concerne une multitude d'acteurs devant gérer une multitude de situations différentes. Selon le niveau d'intervention, les actions devront être coordonnées avec les acteurs locaux tels que les communautés territoriales ou les exploitants des installations. Pour la gestion des infrastructures communales, la Suisse a encore besoin d'un organisme moteur capable de coordonner les

---

<sup>2</sup>Dr Tove Larsen, Dr Adriano Joss, Dr Andreas Klinke, Dr Max Maurer, Dr Jörg Rieckermann, Professeur Hansruedi Siegrist, Dr Philipp Stauffer, Professeur Bernhard Truffer, Professeur Alfred Wüest

activités et répartir les compétences entre les différents acteurs et secteurs impliqués. Dans une telle perspective de plurisectorialité, une initiative nationale ou un centre de compétence en gestion des infrastructures pourraient être mis en place.

*2. Promouvoir la gestion intégrée par bassin versant:* Ce domaine regroupe les mesures visant à améliorer et à promouvoir une approche coordonnée de la gestion des eaux usées à l'échelle du bassin versant. Aucune des actions proposées dans ce domaine n'est absolument prioritaire, la plupart étant jugées moyennement importantes. Le principal acteur impliqué est la Confédération. Les mesures préconisées sont généralement d'importance nationale ou gagneraient à être coordonnées à cette échelle. Consciente de ces enjeux, la Confédération a déjà pris les rênes dans ce domaine et chargé l'Agenda 21 pour l'eau de traiter les questions ayant trait à ce sujet.

*3. Optimiser l'assainissement en milieu urbain:* Ce domaine regroupe les mesures visant à garantir la fiabilité et la qualité de l'évacuation des eaux usées et pluviales en milieu urbain. Les principaux acteurs sont les associations professionnelles d'importance nationale comme la VSA. Le centre de compétence « Assainissement urbain » de la VSA pourrait assurer la coordination à long terme des actions à entreprendre dans ce domaine.

*4. Exploiter les synergies / harmoniser les approches:* Ce domaine regroupe les mesures à prendre au niveau suprarégional ou national pour exploiter au mieux les possibilités de synergie. Il concerne logiquement les associations professionnelles nationales et la Confédération. Beaucoup de ces mesures sont déjà en partie appliquées mais nécessitent encore certains efforts. Dans l'ensemble, il est relativement facile de lancer des actions dans ce domaine même si certaines mesures demandent un investissement considérable.

*5. Assurer la qualité des eaux:* Ce dernier domaine regroupe enfin les mesures visant à préserver ou à améliorer la qualité des eaux de surface ou souterraines. Il implique en priorité la Confédération et les organismes de recherche.

Plusieurs mesures préconisées dans ce domaine sont déjà en voie d'application. Parmi les autres, deux mesures prioritaires (niveaux 1 et 2) pourraient immédiatement faire l'objet de projets (Gestion intégrée du système réseau-STEP, I-9, et Evaluation des effets des exfiltrations d'eaux usées sur les eaux superficielles et souterraines H-3).

Il est important de souligner que les domaines d'action présentés ici concernent exclusivement le secteur de l'assainissement en Suisse.

## **Politique et gouvernance dans le secteur de l'assainissement suisse et européen**

En Suisse, les infrastructures d'assainissement sont très majoritairement détenues et gérées par les pouvoirs publics. Les formes d'organisation des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux dépendent fortement de la structure politique des communes et syndicats intercommunaux. Les unités territoriales de gestion des eaux usées sont donc généralement petites et éclatées.

Les auteurs de l'étude voient des possibilités d'amélioration dans les formes d'organisation et la taille des unités de gestion. Ainsi, une régionalisation de l'assainissement permettrait d'optimiser la gestion des eaux usées à l'échelle du bassin versant et de les traiter dans des stations de plus grande taille plus performantes et plus économiques. Cette régionalisation pourrait être classiquement atteinte par une fusion de communes ou la création de nouveaux syndicats intercommunaux (pour la gestion des

réseaux par ex.). Une autre option serait de confier la gestion et l'exploitation des infrastructures à des sociétés privées ou à des organismes régionaux publics de type société anonyme ou établissement intercommunal (comme à Zurich).

Le secteur privé pourrait donc être amené à intervenir de plus en plus souvent dans le domaine des eaux usées. L'Etat et les autorités territoriales restant propriétaires des infrastructures et maîtres des décisions stratégiques, une libéralisation totale du secteur paraît cependant exclue.

La gestion des infrastructures communales est l'une des principales tâches des acteurs de l'assainissement. La Suisse dispose d'une grande expérience et de fortes compétences dans ce domaine. Toutefois, il serait maintenant souhaitable de développer et de généraliser les approches de management stratégique. Les principaux aspects à renforcer sont la planification des infrastructures à moyen terme, la mise en place de systèmes de financement et de taxation durables et la gestion des risques.

Il existe par ailleurs une volonté politique de développer les approches de gestion intégrée par bassin versant (GIB), c'est-à-dire une planification et réalisation concertée de l'approvisionnement en eau, de l'évacuation et du traitement des eaux usées et de la protection des écosystèmes aquatiques dans cette unité hydrologique. Même si les projets sont encore peu nombreux, cette forme de gestion devrait bientôt se populariser. Toutefois, un cadre légal reste encore à définir pour la mise en place et le financement de ces approches. En visant une gestion par bassin versant, la Suisse poursuit les mêmes objectifs que l'Union européenne dans la directive cadre sur l'eau et adopte une politique de plus en plus compatible avec les orientations européennes dans le domaine de l'eau.

### **Poids économique de l'assainissement**

Les implications économiques de l'assainissement ne se limitent pas au coût de la collecte, du transport et de l'épuration des eaux usées et pluviales. En plus d'assurer les services fondamentaux de protection de la santé publique et de prévention des inondations, ce secteur fournit de nombreuses prestations pour le maintien de la qualité de vie et la protection de l'environnement. La qualité de la collecte et du traitement des eaux usées permet en effet de protéger les ressources en eau potable et autorise des activités directement dépendantes de la qualité de l'eau comme la baignade ou l'irrigation. Les services rendus par les infrastructures et les acteurs de l'assainissement sont pourtant souvent ignorés du grand public et leur valeur n'a pas été chiffrée en Suisse.

Selon les dernières estimations [VSA, 2011], la valeur du réseau d'égouts public est évaluée à 66 milliards de francs et celle des stations d'épuration à 14 milliards de francs. A cela s'ajoutent 34-40 milliards pour les systèmes de collecte sur terrains privés [Maurer et Herlyn, 2006] et 2-4 milliards pour les installations de prétraitement industriel. Les coûts générés par la construction, l'exploitation et l'entretien des infrastructures publiques sont évalués à 2,2 milliards de francs par an [VSA, 2011], dont 1,2 milliards pour les canalisations et 1,0 milliard pour les stations d'épuration. Plus de 60% de ces frais sont imputables au coût du capital [VSA, 2011]. La dépréciation des installations privées est estimée à 1,0-1,2 milliards par an. Le coût total de l'assainissement suisse est ainsi évalué à 3,2 milliards de francs par an (sans compter les intérêts du capital investi).

En considérant la valeur de remplacement des infrastructures, il apparaît que les réinvestissements bruts actuellement réalisés ne permettent pas de compenser la dépréciation des installations [BDEW, 2010]. En même temps, des investissements devront être consentis pour équiper les stations

d'épuration de systèmes d'élimination des composés traces organiques (environ 1,2 milliards de francs) et pour adapter les capacités de traitement à la croissance démographique [Abegglen et al., 2011; Moser et al., 2009]. L'impact de ces mesures en matière de coûts dépendra fortement des réserves disponibles et des modèles de financement choisis. En tenant compte de l'évolution de la population, du renforcement des normes de rejet et des besoins éventuels en capitaux externes, on peut estimer que le coût du traitement des eaux usées augmentera de 15 à 54%. Aucune estimation ne semble avoir été effectuée pour les systèmes d'évacuation des eaux.

L'augmentation des coûts de l'assainissement ne se répercutera pas automatiquement sur les taxes d'épuration. L'impact de l'agrandissement des STEP sur le budget des usagers dépendra du modèle de financement choisi. De même, une augmentation de la population n'aura pas nécessairement d'effet sur la taxation étant donné que les coûts supplémentaires pourront être répartis sur davantage de ménages. Il est néanmoins fort probable que la taxe d'épuration augmentera localement. A cela plusieurs raisons : l'amenuisement des réserves de capitaux, un besoin croissant de réhabilitation, l'amélioration des rendements d'épuration et la nécessaire adaptation aux changements climatiques.

L'évolution des coûts et taxes liée aux besoins de réinvestissement dépendra quant à elle de la manière dont les dépenses seront planifiées à long terme pour le maintien de la valeur du patrimoine ainsi que des réserves éventuellement disponibles. La planification stratégique des dépenses et travaux et les décisions prises par les gestionnaires sont tout à fait décisives pour l'impact financier des investissements [Gianella et Maurer, 2006].

Dans certains pays, les décideurs s'appuient sur une analyse écologique des coûts et bénéfices en complément des considérations purement financières. Cette approche livre une évaluation quantitative des avantages et des inconvénients des mesures envisagées pour l'environnement [Kahn, 1998; OFWAT, 2004; UKWIR, 2007].

### **Infrastructures d'assainissement**

Avec une valeur de remplacement de plus de 115 milliards de francs et un coût annuel de près de 3,2 milliards de francs, les infrastructures d'assainissement ont un poids économique considérable. La gestion et l'exploitation de ces infrastructures sont principalement confiées aux communes. La Suisse dispose de différents outils de gestion et de planification pour les deux domaines de l'assainissement, à savoir l'épuration et l'évacuation des eaux. Les stations d'épuration (STEP) sont gérées en fonction d'objectifs de qualité faisant l'objet d'un contrôle de la part des autorités cantonales. De leur côté, les réseaux de collecte sont régis selon les plans d'évacuation des eaux (PGEE, PREE). Ces deux systèmes distincts ont des implications différentes pour les STEP et les réseaux.

A l'échelle cantonale et nationale, de nombreuses informations sont disponibles sur les STEP mais très peu sur les réseaux. Il est donc très difficile d'estimer si des investissements ont été négligés pour l'entretien des canalisations et si les sommes actuellement engagées sont suffisantes pour garantir à long terme la qualité de l'évacuation des eaux.

Pour pouvoir effectuer une planification cohérente, les gestionnaires doivent cependant disposer de données fiables en quantité suffisante. Le coût de la collecte des données nécessaires au premier PGEE est évalué à 511 millions de francs, les deux principaux postes étant l'état des lieux et la gestion du cadastre des canalisations. L'étude des systèmes d'évacuation des eaux des biens-fonds demandée par le nouveau cahier des charges type du PGEE devrait porter ces coûts à environ 800 mil-

lions de francs. Il paraît aujourd'hui urgent d'améliorer les flux d'informations et la gestion des données. En même temps, de nouveaux instruments sont maintenant disponibles pour y parvenir (cahier des charges type du PGEE, OGéo, modèle de données VSA-SDEE, convention RSO).

Même si la phase de construction est globalement achevée en Suisse, les infrastructures connaîtront encore de nombreuses modifications et adaptations pour suivre l'évolution de la société et du contexte environnemental. Notamment, l'émergence de nouvelles approches intégrées (système réseau-STEP) et de nouvelles formes d'organisation de l'assainissement auront une influence certaine (nouveaux systèmes d'assainissement décentralisé, réévaluation des réseaux unitaires et séparatifs, etc.).

### **Charge hydraulique et charge polluante**

Les stations d'épuration suisses traitent aujourd'hui près de 1,7 milliards de m<sup>3</sup> d'eaux usées par an. Le débit moyen à traiter par temps sec s'élève à env. 1,2 milliards de m<sup>3</sup> par an. La charge hydraulique à traiter par les stations est donc en moyenne de 440 à 650 litres par habitant et par jour. Cette valeur est appelée à changer sous l'effet de différents facteurs: suite au changement climatique, la fréquence des pluies torrentielles devrait augmenter au cours des 50 prochaines années, ce qui devrait agir sur les débits de pointe. La croissance démographique fera de son côté augmenter la quantité d'effluents domestiques à traiter. Mais c'est par les facteurs locaux que le fonctionnement des STEP restera le plus fortement influencé (répartition des pluies et des déversements et habitudes des usagers).

La charge annuelle des eaux usées est d'environ 462 000 t de DCO, 40 000 t d'azote et 6 400 t de phosphore émis à 69% par les ménages et à 31% par les installations industrielles. D'autre part, les eaux usées et les eaux pluviales collectées sont chargées en métaux lourds et en micropolluants organiques dont de nombreux pesticides. Les micropolluants et les nanoparticules constituent le nouveau grand défi de l'assainissement et de nombreuses difficultés restent à surmonter : même si notre connaissance des composés traces organiques s'améliore de jour en jour, il est fort probable que de nouveaux polluants apparaîtront à mesure que les techniques d'analyse se perfectionneront. En ce qui concerne les nanoparticules, nos connaissances sur leur devenir et leur comportement dans l'environnement sont encore très lacunaires et de grandes attentes sont placées dans le programme national de recherche qui leur est dédié (PNR 64).

La mise en œuvre des plans généraux d'évacuation des eaux (PGEE) permettra et a déjà permis dans divers secteurs d'éliminer les eaux claires parasites des réseaux d'égouts. La réduction des volumes se traduit par une concentration des effluents qui, jusqu'à une certaine limite, influe positivement sur le rendement d'épuration des STEP. Les problèmes causés localement par un excès de charge polluante peuvent généralement être traités par une adaptation technique des installations. Toutefois, qu'elle soit due à une élimination des eaux claires parasites ou à une économie d'eau de la part des usagers, la réduction des volumes d'eaux usées peut être problématique pour les collecteurs. La baisse des forces d'entraînement et la stagnation des effluents peuvent être sources de dépôts, de corrosion des conduites et de désagréments olfactifs.

Le dimensionnement des collecteurs (d'eaux usées en réseau unitaire et d'eaux pluviales en réseau séparatif) se fait en fonction des quantités d'eaux météoriques à évacuer. La mise en place de dispositifs d'infiltration et de rétention et la réduction des surfaces imperméabilisées dans les bassins versants des STEP permettent de limiter ces flux et donc de réduire localement les coûts liés aux canalisations. Il est cependant à prévoir que, sous l'effet du changement climatique, les pointes de débit

décisives pour le dimensionnement seront plus élevées et se produiront plus fréquemment. Les besoins d'agrandissement dus à la multiplication des extrêmes climatiques pourront d'une certaine manière être compensés par les efforts de maîtrise des flux d'eaux pluviales.

L'influence des activités industrielles et artisanales sur la charge polluante à traiter est bien réelle mais difficile à évaluer. Elle varie ainsi très fortement en fonction du contexte politique, économique et social, ce qui est particulièrement problématique pour les STEP conçues pour recevoir des quantités importantes d'effluents venant d'un petit nombre d'entreprises. En cas de cessation d'activité d'une ou de plusieurs d'entre elles dans le bassin versant, il convient de veiller à ce que les coûts du surdimensionnement n'aient pas à être supportés par la collectivité. Une possibilité consiste à doter ces STEP d'une liberté d'entreprise suffisante pour leur permettre de réagir avec flexibilité aux variations des conditions de fonctionnement. Un modèle de financement et d'organisation adapté peut y concourir.

### **Impact des eaux usées sur les milieux aquatiques**

La qualité des eaux suisses s'est fortement améliorée au cours des dernières décennies. La généralisation de la nitrification-dénitrification et de la déphosphatation dans les stations d'épuration et l'interdiction des phosphates dans les lessives ont permis de réduire les émissions de nutriments d'origine urbaine. Aujourd'hui, les milieux les plus contraignants pour la biocénose sont les petits cours d'eau susceptibles d'être perturbés hydrologiquement et chimiquement par des apports importants d'effluents d'épuration, d'eaux non traitées venant des déversoirs d'orage ou des rejets d'eaux pluviales.

Le problème environnemental qui préoccupe actuellement et occupera encore longtemps tous les acteurs de l'assainissement est celui des micropolluants organiques. La diversité croissante des composés susceptibles de perturber l'environnement aquatique à des concentrations infimes pose un problème de surveillance environnementale. Dans certaines régions, des micropolluants d'origine anthropique sont déjà présents dans les eaux superficielles et souterraines à des concentrations susceptibles d'induire des perturbations hormonales. Les effets écotoxicologiques des substances isolées ou en mélange et l'impact des émissions intermittentes sont encore à l'étude.

Les nappes d'eau souterraine constituent la principale source d'eau potable en Suisse. Cette ressource peut être polluée par le jeu des échanges entre écoulements de surface et aquifères et par l'infiltration d'eaux usées venant des égouts. Les sources karstiques sont particulièrement vulnérables. Des concentrations très faibles de micropolluants ont déjà été détectées dans les eaux souterraines mais, dans l'état actuel des connaissances, cette contamination n'est pas jugée préoccupante pour la santé humaine. Par mesure de précaution, toute pollution des nappes doit toutefois être évitée.

Le changement climatique devrait s'accompagner d'une multiplication des périodes de sécheresse. L'été 2003 a bien montré que les milieux aquatiques avaient une capacité limitée de résistance au réchauffement et ne pouvaient alors plus supporter de flux de chaleur supplémentaires. Les émissions de chaleur provenant de l'assainissement et du secteur énergétique doivent donc être contrôlées et limitées.

La qualité bactériologique des eaux de baignade est généralement bonne et permet cette activité tout au long de l'été. Des perturbations peuvent cependant survenir localement par temps d'orage suite au déversement des déversoirs d'orage des réseaux unitaires.

## Hydrologie des bassins versants urbanisés

L'hydrologie du bassin versant joue un rôle déterminant pour le dimensionnement des conduites et des ouvrages de délestage qui acheminent les eaux pluviales excédentaires dans les cours d'eau. Sa qualité dépendra notamment des données pluviométriques utilisées, des données d'occupation du sol déterminantes pour les coefficients d'écoulement, des outils de modélisation et de la gestion des incertitudes.

Deux séries de données pluviométriques sont couramment utilisées en Suisse pour le dimensionnement des ouvrages: 1) les analyses pluviométriques de Hörler et Rhein (1962), qui commencent à dater et ne reposent que sur 16 stations de mesure et 2) celles de la norme SN 640 350 (VSS, 2001) conçue pour l'évacuation des eaux de chaussées. Ces deux séries de données ne satisfont plus aux exigences de l'assainissement moderne.

En Suisse, les collecteurs d'eaux usées et/ou pluviales sont encore souvent dimensionnés à partir du débit de crue calculé selon la méthode rationnelle. Le recours à la modélisation hydrologique ou hydrodynamique est plus compliqué mais permet de calculer la fréquence des inondations, de dimensionner les bassins d'eaux pluviales (BEP) et d'évaluer la dynamique des rejets de polluants par les déversoirs d'orage. Si l'utilisation de modèles complexes n'est pas envisageable, des modèles simplifiés peuvent aussi permettre de dimensionner les BEP. C'est dans cet esprit que le modèle du projet STORM a été développé.

La prise en compte des incertitudes est l'une des principales difficultés des approches de modélisation. Elles peuvent (i) être inhérentes au modèle, (ii) être liées à l'exactitude de détermination ou de mesure des paramètres et des données d'entrée ou (iii) provenir de la difficulté à prévoir les évolutions futures. Les incertitudes liées au changement climatique et au développement urbain appartiennent à cette dernière catégorie. L'importance des dérèglements climatiques et leurs effets sur l'hydrologie urbaine sont très difficiles à évaluer. Certaines simulations indiquent que le changement climatique peut avoir une forte influence sur les débordements des réseaux unitaires et donc sur les déversements d'eaux usées par temps de pluie. Des analyses et données pluviométriques venant d'Allemagne et d'Autriche montrent, de leur côté, que les pluies jouant un rôle pour le dimensionnement des ouvrages de délestage n'ont pas tendance à augmenter. La Suisse ne dispose pas encore de données fiables à ce sujet.

## Nouvelles technologies

Le moteur des avancées technologiques est bien souvent l'optimisation des ressources. Dans le domaine de l'assainissement, ces progrès conduisent généralement à une réduction des coûts et à une récupération d'énergie et de nutriments à partir des eaux usées.

De nouvelles technologies permettent ainsi d'améliorer l'entretien et de préserver la valeur des réseaux d'évacuation des eaux tout en réduisant les coûts. Notamment, les nouvelles techniques d'inspection télévisuelle couplée aux systèmes d'information géographique permettent un contrôle régulier de l'état des collecteurs publics et des raccordements privés. Ces avancées technologiques ne devraient cependant pas avoir d'effet fondamental sur le fonctionnement du système d'évacuation des eaux. La qualité des matériaux et techniques de construction et la compétence technique du personnel resteront cruciales même à l'avenir.

Dans le domaine de l'épuration des eaux, les technologies membranaires et les techniques de rétention et de neutralisation des micropolluants occupent le devant de la scène au même titre que le procédé Anammox d'élimination autotrophe de l'azote.

Le développement des équipements électrotechniques, des systèmes de mesure, commande et régulation (MCR) et des dispositifs de contrôle à distance a véritablement révolutionné le fonctionnement des stations d'épuration. Toutes ces techniques facilitent la mise en œuvre et l'optimisation des procédés les plus complexes et permettent une utilisation flexible et en temps réel des capacités disponibles. Le rôle central des techniques MCR pour le développement des systèmes d'épuration devrait se confirmer.

Des nouveautés techniques sont également apparues dans le domaine du traitement des boues d'épuration. En plus de perfectionner leur élimination ou leur valorisation, elles promettent une amélioration de la récupération des matières premières et une optimisation énergétique des traitements. Leur potentiel est cependant jugé assez faible pour la Suisse étant donné la prédominance des procédés thermiques dans les techniques aujourd'hui employées. Étant donné l'amenuisement programmé des réserves mondiales en phosphore, les procédés permettant une récupération de cet élément dans les cendres des boues devraient progressivement gagner du terrain en Suisse (mono-incinération et mono-décharges).

Enfin, les systèmes alternatifs d'assainissement sont également en progression. Leur objectif est d'atteindre une meilleure efficacité et efficacité des traitements grâce à une conception entièrement nouvelle de la collecte des eaux usées. Ces approches se divisent en deux grands courants : (i) les systèmes d'assainissement décentralisés permettant d'éviter les réseaux d'égouts là où ils sont trop coûteux et/ou trop difficiles à gérer et (ii) les systèmes de collecte et de traitement séparatifs permettant de récupérer l'énergie et les matières contenues dans les différents flux d'eaux usées. Ces technologies alternatives sont particulièrement intéressantes pour les régions ou les pays connaissant des pénuries d'eau ou marqués par une forte croissance démographique ou au contraire un habitat très dispersé. En Suisse, elles sont principalement mises en œuvre dans des projets pilotes et dans les régions peu peuplées en marge des réseaux d'assainissement.

# Summary

## Aims and scope

Today, thanks to past investment programmes, Switzerland has a safe and effective wastewater management system, which provides high-quality services nationwide. Strategic and tactical decisions now need to be taken on the provision and efficient deployment of available resources over the long term, so as to ensure the maintenance and improvement of services in this sector.

The aim of this document is to identify gaps in our knowledge of the current situation and the future of wastewater management in Switzerland. At the same time, existing knowledge is reviewed in detail. The result of this synthesis is a report which, in conjunction with the "Water Supply 2025" report, offers a comprehensive overview of the current state of knowledge concerning the future of the wastewater management sector. Rather than collecting or analysing new data, the emphasis has been placed on bringing together the meta-knowledge available at the national level and identifying future action areas for Swiss wastewater management.

The present report on "Wastewater Management 2025" comprises seven modules and a "Recommendations" section. The various modules were prepared under the direction of Eawag experts<sup>3</sup>, who provided guidance on completeness and on grey literature, as well as key interview partners. The individual modules were subsequently reviewed by members of the advisory group and expanded following in-depth discussions. The measures evaluated by the advisory group were then combined into packages by the authors and summarized in the "Recommendations" section.

## Recommendations

Although there will only be limited construction of new wastewater infrastructure in Switzerland in the future, the wastewater management sector faces major challenges. A total of 42 wastewater management measures were identified in the seven modules. The importance (priority), urgency and estimated costs of each of these measures were rated by the members of the expert group. The measures were then grouped under five headings (action areas):

*1. Ensuring infrastructure is fit for the future:* measures designed to improve infrastructure management, relating to private and public sewer infrastructure. This is the largest action area with the largest number of measures, including many accorded Priority 1 or 2. The main actors responsible are the cantons and professional bodies in particular, but also the federal authorities.

The situation in this action area is highly heterogeneous, and considerably more actors are involved than in the other action areas. In addition, at various levels, coordination is required with further actors, e.g. communes or infrastructure operators. In the field of communal infrastructure management, Switzerland lacks a strong "driving force" capable of coordinating activities and expertise across the various actors and sectors. In order to promote a cross-sectoral approach, with a long-term perspective, a

---

<sup>3</sup>Dr Tove Larsen, Dr Adriano Joss, Dr Andreas Klinke, Dr Max Maurer, Dr Jörg Rieckermann, Professor Hansruedi Siegrist, Dr Philipp Stauer, Professor Bernhard Truffer, Professor Alfred Wüest

national infrastructure initiative or an "Infrastructure management" competence centre could be established.

*2. Promoting catchment management:* measures designed to promote and enhance coordinated efforts within wastewater catchments. None of the measures has top priority, and most were rated as of medium importance. In all of these measures, the federal authorities can be identified as a key actor.

The measures in this action area are generally of national importance or offer benefits related to increased coordination. Accordingly, the federal authorities have already taken on a leading role in this area, with the Water Agenda 21 network representing an appropriate forum for addressing this issue.

*3. Optimizing urban drainage:* measures to ensure safe and effective removal of stormwater and sewage from urban areas. The national professional bodies (in particular, the Swiss Water Association/VSA) are identified as the main actors. In the long term, measures in this area could be coordinated by the VSA's "Urban drainage" Competence Centre.

*4. Utilizing synergies/harmonized approaches:* measures to be adopted at the supraregional or national level so as to create synergies. Here, not surprisingly, the professional associations and federal authorities are identified as national actors.

Many of the measures in this area have already been partly implemented, but further action is required. Overall, the costs of initiating measures in this area are low – even though in some cases the total costs of individual measures are rated as high.

*5. Safeguarding water quality:* measures offering direct benefits for or improving the quality of surface waters or groundwater. Here, the main actors are federal authorities and the research community.

A number of measures in this action area are already underway. The remaining two measures accorded Priority 1 or 2 (integrated approach to sewer networks and WWTPs, I-9; impacts of wastewater exfiltration on groundwater quality, H-3) could be initiated as projects immediately.

It is important to emphasize that the action areas presented here relate exclusively to wastewater management in Switzerland.

## **Policy and governance in the Swiss and European wastewater sector**

In Switzerland, wastewater infrastructure is mainly owned and operated by the state. In most cases, the organizational structure for wastewater management is strongly influenced by the political structures of the communes (local authorities) and special-purpose associations. As a result, wastewater management organizational units are generally small-scale and fragmented.

Potential for change is mainly seen in organizational structures and in the size of organizational units. Larger structures not only make it possible to optimize wastewater management across an entire catchment, but also permit greater professionalization. In addition to communal mergers and the establishment of new intercommunal associations (e.g. for sewer network operation), operations can be delegated by existing organizations either to larger public organizations – such as a joint-stock company (AG) or an intercommunal body (Canton Zurich) – or to private companies.

It is thus possible that the proportion of private organizational structures involved in the provision of wastewater services could increase in the future, even though ownership and general organization will

remain in public hands. More extensive liberalization, and in particular the transfer of infrastructure, is not to be expected.

Management of communal infrastructure is a key task within the wastewater sector. Here, Switzerland already has considerable experience and resources available. The challenges for the coming years are to strengthen strategic management and extend it to all operators. Important issues in this context are medium-term system planning, sustainable planning of financing and charges, and risk management.

Another trend is the promotion of integrated watershed management (IWM), i.e. an integrated approach to water supply, urban drainage, wastewater treatment and water protection. Experience with IWM is limited to date. In the future, however, IWM is expected to become more widespread in practice. There are no legal foundations for requiring management approaches of this kind, or for the definition of financing mechanisms. With IWM, Switzerland is pursuing goals similar to those of the Water Framework Directive, thereby increasing compatibility with European water policy.

### **Economic significance**

The economic significance of wastewater management goes beyond the collection, transport and treatment of sewage and stormwater. As well as the primary goals of public health protection and flood control, a wide variety of services are provided in relation to quality of life and protection of the environment. For example, appropriate wastewater management creates favourable conditions for the supply of drinking water and permits other types of resource use (recreation, bathing, irrigation, etc.). However, public awareness of the benefits provided by extensive wastewater infrastructure and services is very limited, and they have not been quantified for Switzerland.

Recent estimates [VSA, 2011] put the value of the public sewer network at CHF 66 billion and of wastewater treatment at CHF 14 billion. To these figures should be added around CHF 34–40 billion for drainage of private land and properties [Maurer & Herlyn, 2006] and around CHF 2–4 billion for commercial/industrial facilities. The costs of construction, operation and maintenance of public wastewater management systems are estimated at CHF 2.2 billion per year [VSA, 2011], of which CHF 1.2 billion is spent on the sewer network and CHF 1.0 billion on wastewater treatment. Capital expenditure accounts for over 60% of the total [VSA, 2011]. For the private infrastructure, depreciation is estimated at around CHF 1.0–1.2 billion per year. The total costs of wastewater management thus amount to CHF 3.2 billion per year (excluding interest on invested capital).

Based on the replacement value of wastewater infrastructure, the current gross investment totals suggest that, at present, depreciation is not offset by reinvestment [BDEW, 2010]. At the same time, there are plans to invest approx. CHF 1.2 billion in upgrading WWTPs for removal of micropollutants, and measures will be required to adapt to a growing population [Abegglen et al., 2011; Moser et al., 2009]. The resulting development of overall costs will depend largely on available reserves and the financing models applied. Taking account of population growth, increasing water protection demands and possible outside capital requirements, wastewater treatment costs are expected to rise by 15–54%. For urban drainage, no estimates could be found.

Rising overall costs will not automatically lead to proportional increases in charges for users. The extent to which charges are affected by the upgrading of WWTPs depends on the financing model adopted. Likewise, charges are not necessarily affected by population growth, as the number of pay-

ing users also rises. Nonetheless, it is to be assumed that charges may be increased locally in the future, e.g. as a result of a decrease in hidden reserves, a growing need for renovation, increased capital expenditure, improvements in treatment performance and adaptation to climate change.

With regard to reinvestment, the development of costs and charges will be largely determined by long-term strategic planning and the reserves which may be available for value preservation measures. It is thus clear that strategic planning and decision-making have a major influence on future costs and charges [Gianella & Maurer, 2006].

In some countries, the decision-making process involves environmental cost-benefit analysis in addition to the cost comparison method. Here, as well as the consideration of economic costs, external environmental costs and the benefits of environmental services are quantified [Kahn, 1998; OFWAT, 2004; UKWIR, 2007].

### **Wastewater system infrastructure**

With a replacement value of more than CHF 115 billion and annual costs of around CHF 3.2 billion, wastewater infrastructure is economically significant. Most infrastructure-related tasks have been delegated to the communes. In Switzerland, different control instruments are specified for the two main elements of wastewater management – wastewater treatment plants (WWTPs) and urban drainage. For WWTPs, limits are specified for certain parameters, which are monitored by the cantons. For urban drainage, planning instruments – general (GDP) or regional drainage plans (RDP) – are specified. This distinction has various implications for WWTPs and for sewer networks.

At the cantonal and national level, a relatively large amount of information is available on WWTPs, but very little or none on urban drainage. For this reason, it cannot be assessed whether an investment backlog exists in relation to public sewer networks, or whether the amounts currently invested are sufficient to ensure the performance of urban drainage over the long term.

In the planning process, one key aspect is the availability of reliable data. The costs of urban drainage data from the first GDP survey are estimated at around CHF 511 million. These include expenditures for determination of the current state of infrastructure and register data collection/updating. As a result of the initial survey of property drainage required under the new standard GDP specifications, the total costs will rise to around CHF 800 million. There is now both a pressing need and an opportunity – with GDP standard specifications, the Geoinformation Ordinance (GeoIV), the VSA urban drainage data structure (DSS) data model and Swiss Environmental Observation Network (NUS) requirements – to make lasting improvements in the areas of data management and information flow.

Although Switzerland's wastewater infrastructure is in place, it may be altered and substantially influenced by a variety of trends. These include an integrated approach to the sewer network and wastewater treatment, and optimization of the system as a whole (e.g. new, decentralized wastewater infrastructure, re-evaluation of separated and combined sewers).

## Wastewater volumes and loads

In Switzerland, a total of almost 1.7 billion m<sup>3</sup> wastewater is treated at WWTPs per year. The average dry weather flow is reported to be 1.2 billion m<sup>3</sup> per year. This means that the average wastewater volume is between 440 and 650 litres per inhabitant per day. In the future, wastewater volumes will be influenced by various factors: as a result of climate change, heavy precipitation events are expected to become more frequent over the next 50 years, which will affect peak volumes in particular. Population growth will increase the total volume of domestic wastewater. More important for individual WWTPs, however, are the local distribution dynamics and the population's consumption patterns.

In Switzerland, around 462,000 tonnes of COD, 40,000 tonnes of nitrogen and 6,400 tonnes of phosphorus arise per year. The bulk of this load (69%) comes from household wastewater, and the remaining 31% from industrial wastewater. Not only wastewater, but stormwater collected in drains is contaminated with heavy metals and micropollutants such as pesticides. A challenge for the future is the management of micropollutants and nanoparticles. Although the most important micropollutants are now well known, increasing numbers of substances are expected to become measurable as a result of technological advances. Little is known about the behaviour of nanoparticles in wastewater and in the environment. New findings are expected to emerge from the National Research Programme NRP 64.

General drainage planning (GDP) measures have helped and will significantly help to remove extraneous water from sewers. If water volumes are reduced, concentrations are increased while the load remains unchanged. In general, higher concentrations in wastewater improve treatment performance at WWTPs. In certain cases, a substantial increase in concentrations may give rise to problems at a WWTP. However, in all cases, appropriate process-engineering measures lead to a net improvement in treatment performance. A reduction in water volumes (due to a decreased proportion of extraneous water and/or greater public efforts to save water) may cause problems in sewers. A reduced sweeping force and stagnation of wastewater in sewer pipes can lead to increased deposits, odour problems and greater corrosion.

The dimensioning of (combined and stormwater) sewers is determined by the volumes of rainfall to be drained. Infiltration systems, retention measures and avoidance of hard surfacing can reduce the demands placed on sewer networks and, locally, have an effect on costs for combined and separated sewers. In the future, the frequency and intensity of the peak rainfall events relevant for dimensioning are expected to increase as a result of climate change. Then, even if the volumes of rainfall to be drained are reduced, expenditures will still be required to increase the size of sewers.

The influence of commerce and industry on wastewater loads is substantial, but it cannot be reliably estimated. The economic and political climate can produce major changes within a short time. This is particularly critical in cases where a small number of enterprises have a substantial influence on the dimensioning of WWTPs. If such enterprises leave the catchment area, it should be ensured that the costs of overcapacity do not have to be borne by the public. The most effective approach is to grant WWTPs sufficient entrepreneurial freedom to enable them to respond flexibly to changes. This can be achieved via an appropriate financing and organizational model.

### **Impacts of wastewater on waterbodies**

In Swiss waterbodies, water quality has improved markedly over the past few decades. Nutrient loads from urban areas have decreased significantly thanks to the upgrading of wastewater treatment with nitrification, denitrification and phosphorus removal, as well as the ban on phosphates in detergents. Today, problems for biotic communities are to be expected particularly in small watercourses, where treated wastewater, combined sewer overflows and stormwater discharges can produce relatively large (chemical and hydraulic) impacts.

Micropollutants pose major challenges for wastewater management, today and for the foreseeable future. The wide and continuously expanding range of substances which can exert effects on the aquatic environment at very low concentrations creates difficulties for conventional monitoring programmes. Today, in certain regions, concentrations of anthropogenic micropollutants with endocrine-disrupting effects can be detected in underground and surface waters. Our knowledge of the ecotoxicological effects of many individual substances, as well as the effects of mixtures and of pulsed inputs, remains inadequate.

Groundwater is Switzerland's most important resource for drinking water supplies. Contamination of groundwater may occur as a result of exchanges between aquifers and surface waters, as well as ex-filtration of wastewater from sewers. Karstic springs are particularly susceptible to contamination. Micropollutants have already been detected in groundwater, but at concentrations which, in the current state of knowledge, should not pose any health risks. On precautionary grounds, chemical pollution of groundwater should be kept to a minimum.

Climate change is expected to bring more frequent prolonged periods of dry weather. As already shown by the summer of 2003, the capacity of surface waters to absorb heat is then restricted. In the future, heat inputs from wastewater management and the energy sector should therefore be measured and reduced as far as possible.

The microbiological quality of surface waters designated as bathing waters is normally good, permitting swimming throughout the summer. Locally, however, microbiological quality may be adversely affected by combined sewer overflows during wet weather.

## Urban hydrology

Urban hydrology is of crucial importance for the dimensioning of sewer pipes and of overflow structures which discharge stormwater directly into receiving waters during heavy rainfall. Key elements in this connection are the rainfall data required for dimensioning, land use data for the determination of run-off coefficients, the models to be applied and the handling of uncertainties and safety factors.

Two rainfall datasets are widely used in Switzerland for dimensioning purposes: 1. the rainfall analyses of Hörler & Rhein (1962), which are outdated and based on data from only 16 stations. 2. The Swiss standard SN 640 350 (VSS, 2001), which is applicable for road surface water drainage. However, neither of these datasets meets current urban drainage requirements.

In Switzerland, sewer dimensions are often still calculated using the flow time method. While the application of hydrological or hydrodynamic simulations requires greater efforts, it enables calculation of flooding event frequency, the dimensioning of retention basins and estimation of the pollutant load dynamics of discharges. Alternatively, simplified hydrological simulation models can also be used for the planning of retention basins. This also underlies the project STORM approach.

In the application of models, careful handling of uncertainties is essential. Here, it is necessary to distinguish between (i) modelling uncertainties which affect the reliability of the output; (ii) parameter and input uncertainties, which can be addressed either by making conservative assumptions or by means of measurements; and (iii) scenario uncertainties, which reflect a lack of knowledge of future developments. Scenario uncertainties include, in particular, urban area development and climate change. The extent of climate change and its likely effects on urban hydrology are difficult to estimate. Studies on the simulation of climate change impacts on urban hydrology indicate that climate change may have a substantial influence on combined sewer overflows and on wastewater flooding events. Analyses of rainfall data from Germany and Austria show that there is no upward trend in rainfall events relevant for the dimensioning of drainage facilities. Still lacking, however, is a reliable analysis of climate change and its implications for wastewater management in Switzerland.

## New technologies

A key driver for the development of new technologies is resource efficiency. In the wastewater management sector, this is leading to new technologies which make it possible to reduce costs and to recover energy and nutrients from wastewater.

As regards wastewater drainage, new technologies in all relevant areas are facilitating and lowering the costs of value preservation and maintenance measures. In particular, new inspection technologies (camera systems with GIS integration) permit regular monitoring of the state of entire systems (including property drainage). However, no fundamental changes are to be expected with regard to the urban water management system as a whole as a result of technological innovations. Points which will remain critical in the future include quality assurance of the materials used, construction methods and the requisite expertise.

In the wastewater treatment field, attention is focused not only on autotrophic nitrogen removal (anammox) but also, in particular, on membrane technology and new methods for the removal of micropollutants.

Developments in automation systems and remote monitoring have led to fundamental changes in WWTP technology. They permit the implementation and optimization of complex processes and the dynamic use of available capacity reserves. Measurement, control and regulation systems will continue to play a key role in the development of wastewater treatment.

In the area of advanced sludge treatment, a variety of new technologies have the potential to improve energy efficiency and the recovery of resources (especially energy). However, their significance for Switzerland is considered to be limited in view of the established thermal utilization of sludge. In the future, as phosphorus becomes an increasingly scarce resource and monoincineration facilities and monofills are established for sewage sludge ash, phosphorus recovery – from ash in particular – will become more relevant.

New sanitation concepts offer the potential to improve efficiency and effectiveness through fundamental changes in the management of wastewater. Here, two basic approaches are being pursued: (i) decentralized concepts which aim to dispense as far as possible with costly, investment-intensive sewer systems; (ii) source separation and separate treatment of waste streams, permitting advanced recovery and use of the material and energy resources contained in wastewater. These technologies are particularly attractive for water-scarce areas and for rapidly expanding or declining regions. In Switzerland, these concepts will mainly be applied in pilot projects and in peripheral or sparsely populated areas.

# Abwasserentsorgung 2025

## Handlungsempfehlungen

Max Maurer und Jana von Horn

Dübendorf, August 2012



# Inhalt

Zusammenfassung .....	- 33 -
1. Hintergründe .....	- 35 -
1.1. Eingrenzung auf Abwasserentsorgung in der Schweiz .....	- 35 -
1.2. Entstehungsprozedere .....	- 35 -
1.3. Bewertung .....	- 36 -
1.4. Akteure.....	- 36 -
2. Handlungsfelder .....	- 37 -
2.1. Übersicht der Handlungsfelder .....	- 37 -
2.2. Infrastrukturen in die Zukunft führen: Verbände und Kantone .....	- 38 -
2.3. Einzugsgebietsmanagement fördern: Bund .....	- 40 -
2.4. Entwässerung der Siedlungen optimieren: Nationale Verbände.....	- 42 -
2.5. Synergien nutzen / Vorgehen harmonisieren: Verbände & Bund.....	- 43 -
2.6. Gewässerqualität sichern: Bund und Forschung .....	- 44 -

## Titelfoto:

Projektplanung; Nutzen von Richtstrahlverbindungen für Regenprognosen, Eawag

## Zusammenfassung

Die Schweizer Abwasserinfrastruktur wurde in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich ausgebaut und hat insgesamt zu einer Verbesserung der Gewässerqualität geführt. Obwohl in Zukunft wenig Infrastruktur neu gebaut wird, steht die Abwasserentsorgung vor wichtigen Zukunftsaufgaben. In den Modulberichten wurden insgesamt 42 Massnahmen im Bereich Abwasserentsorgung identifiziert. Diese Massnahmen wurden individuell von den Mitgliedern der Expertengruppe nach Wichtigkeit (Priorität), Dringlichkeit und geschätztem Aufwand bewertet. Die Massnahmen wurden anschliessend in 5 Handlungsfelder oder Massnahmenbereiche zusammengefasst:

*1. Infrastrukturen in die Zukunft führen:* Beinhaltet Massnahmen, welche das Infrastrukturmanagement verbessern und die private und öffentliche Kanalinfrastruktur betreffen. Dies ist das grösste Handlungsfeld mit den meisten Massnahmen, viele davon in Priorität 1 und 2. Als Hauptakteure sind vor allem die Kantone und die Fachverbände aber auch der Bund gefordert.

Im diesem Handlungsfeld ist die Situation sehr heterogen und es sind auch deutlich mehr Akteure als in den anderen Handlungsfeldern involviert. Ebenfalls ist auf verschiedenen Ebenen die Koordination mit weiteren Akteuren, z. B. Gemeinden oder Infrastrukturbetreibern, nötig. Im Bereich Management kommunaler Infrastrukturen fehlt in der Schweiz ein starkes "Zugpferd", das die Aktivitäten und Kompetenzen über die verschiedenen Akteure und Sektoren hinweg koordinieren kann. Wir schlagen deshalb vor, dass der Bund seinen Einfluss in den verschiedenen Gremien geltend macht um ein Sektor übergreifendes Vorgehen mit langfristiger Perspektive zu initiieren. Denkbar wäre eine nationale Infrastruktur-Initiative oder das Schaffen eines Kompetenzzentrums "Infrastrukturmanagement".

*2. Einzugsgebietsmanagement fördern:* Enthält Massnahmen, welche das koordinierte Vorgehen in den abwassertechnischen Einzugsgebieten verbessern und fördern. Keine der Massnahmen hat höchste Priorität und die meisten wurden mit einer mittleren Wichtigkeit eingestuft. Bei allen Massnahmen kann der Bund als wichtiger Akteur identifiziert werden.

Die Massnahmen im Handlungsfeld „Einzugsgebietsmanagement fördern“ sind zumeist von nationaler Bedeutung oder würden von einer starken Koordination profitieren. Aus diesem Grund übernimmt der Bund in diesem Handlungsfeld bereits schon eine starke Führungsrolle und hat mit der Wasseragenda21 eine geeignetes Gremium, um dieses Thema zu bearbeiten. Die hier identifizierten Massnahmen sollten in die laufenden Bestrebungen zum Integralen Einzugsgebietsmanagement des Bundes und der Wasseragenda21 integriert oder zumindest mit diesen koordiniert werden.

*3. Entwässerung der Siedlungen optimieren:* Umfasst die Massnahmen, welche das sichere und optimale Abführen von Regen- und Schmutzwasser aus dem Siedlungsraum garantieren. Als Akteure werden überwiegend die nationalen Fachverbände (VSA) identifiziert.

Die Massnahmen in diesem Handlungsfeld hat im VSA und dessen Kompetenzzentrum „Siedlungsentwässerung“ einen klaren Hauptakteur. Die Massnahmen können dort langfristig mit Leistungsvereinbarungen ausgelöst und begleitet werden.

*4. Synergien nutzen / Vorgehen harmonisieren:* Enthält die Massnahmen, welche überregional oder auf nationaler Stufe getroffen werden sollen, um Synergien zu schaffen. Nicht überraschend werden hier als nationale Akteure die Fachverbände und der Bund identifiziert.

Viele der Massnahmen in diesem Handlungsfeld sind teilweise umgesetzt, es gibt aber noch Handlungsbedarf. Insgesamt ist der Aufwand, Massnahmen in diesem Handlungsfeld auszulösen, klein – auch wenn der Gesamtaufwand der einzelnen Massnahmen z.T. als hoch eingeschätzt wird. Hier besteht mit den Leistungsvereinbarungen ein wirksames Instrument, um Massnahmen bei den entsprechenden Kompetenzzentren im VSA auszulösen.

**5. Gewässerqualität sichern:** Umfasst Massnahmen, welche direkt der Wasserqualität von Oberflächen- oder Grundwasser zugutekommen oder diese verbessern. Als Akteure stehen insbesondere der Bund und die Forschung im Vordergrund.

Mehrere Massnahmen in Handlungsfeld „Gewässerqualität sichern“ sind bereits in Bearbeitung. Die restlichen zwei Massnahmen mit Priorität 1 und 2 (Integrative Betrachtung von Netz und ARA, I-9, und Auswirkung von Abwasserexfiltrationen auf Gewässer, H-3) können vom BAFU ohne weitere Abklärungen als Projekte ausgelöst werden.

Im Bericht wurden die in Tabelle 1 aufgelisteten Massnahmen mit 1. Priorität identifiziert:

Bez.	HF	Massnahme	Mögliche Aktion
P-10	1	Organisatorische Massnahmen für die Sanierung der privaten Anlagen	Umsetzung neue GEP-Musterpflichtenhefte aktiv verfolgen; Infrastrukturmanagement-Initiative initiieren.
G-4	4	Harmonisierung der Regelwerke zur Regenwasserbehandlung	Wird im VSA angegangen; Projekt unterstützen.
I-2	4	Harmonisierung der Datenmodelle	Vorgaben im GeoIV festlegen
I-9	5	Integrative Betrachtung von Netz und ARA	Projekte auslösen und unterstützen
T-1	5	Gestufte Implementation der MV-Eliminationstechnologie	Einfluss über GschG nehmen (ist in der aktuellen Vernehmlassung berücksichtigt)

*Tabelle 1: Massnahmen mit Priorität 1 aus allen Handlungsfeld und die vorgeschlagenen Aktionen. Legende: Bez. = Bezeichnungen, siehe dazu Tabelle 2; HF = Handlungsfeld, 1: Infrastrukturen in die Zukunft führen, 4: Synergien nutzen / Vorgehen harmonisieren, 5: Gewässerqualität sichern.*

Die beiden Handlungsfelder „Gewässerqualität sichern“ und „Infrastrukturen in die Zukunft führen“ umfassen die Mehrheit der Massnahmen mit Priorität 1 und 2. Ein Fokus auf diese beiden Handlungsfelder ist entsprechend effizient.

# 1. Hintergründe

## 1.1. Eingrenzung auf Abwasserentsorgung in der Schweiz

Die hier präsentierten Handlungsfelder verstehen sich als Extrakt aus den vorliegenden Modulberichten zur Abwasserentsorgung der Zukunft. Sie sind auf keinen Fall vollständige Massnahmenkataloge, um bestimmte Themen vollständig zu bearbeiten. So gibt es z. B. eine Vielzahl von weiteren Massnahmen, um die Gewässerqualität in der Schweiz zu sichern. *Die hier präsentierten Handlungsfelder sind auf den Bereich Abwasserentsorgung in der Schweiz beschränkt.*

Die hier in diesem Kapitel präsentierte Massnahmenbewertung widerspiegelt die Meinung der Expertengruppe und hat entsprechend einen beschränkt repräsentativen Charakter.

Die Einteilung in Handlungsfelder und die Interpretation der Bewertungen basieren auf den Analysen und Bewertungen durch die Autoren und stellen eine Diskussionsgrundlage dar.

## 1.2. Entstehungsprozedere

Die Bewertung der Massnahmen und die Handlungsfelder sind folgendermassen entstanden:

1. Die Massnahmen wurden in den einzelnen Modulberichten identifiziert und beschrieben.
2. Die Massnahmen wurden von der Begleitgruppe verifiziert.
3. Die Massnahmen wurden zusammengeführt und individuell von den Mitgliedern der Begleitgruppe nach Wichtigkeit, Dringlichkeit und geschätztem Aufwand bewertet.
4. Die zusammengefassten Bewertungen wurden in einem gemeinsamen Workshop der Expertengruppe vorgelegt und das Resultat auf Konsistenz überprüft.
5. Die Massnahmen wurden dann in Handlungsfelder gruppiert und im Umlaufverfahren von der Expertengruppe begutachtet.

Die Massnahmen besitzen jeweils ein Kürzel, wo die detaillierte Beschreibung der Massnahme gefunden werden kann. Der Buchstabe verweist auf den Modulbericht. Die Zuordnung kann *Tabelle 2* entnommen werden.

Kürzel	Modulbericht
P	<u>P</u> olicy und Governance im Abwasser-Sektor der Schweiz und Europas
I	<u>I</u> nfrastruktur
A	<u>A</u> bwasseranfall und Abwasserfracht
T	Neue <u>T</u> echnologien
H	Siedlungsh <u>h</u> ydrologie
W	<u>W</u> irtschaftliche Bedeutung
G	Einfluss von Abwasser auf <u>G</u> ewässer

*Tabelle 2: Zuordnung des Buchstabenkürzels zum entsprechenden Modulbericht.*

### 1.3. Bewertung

Die Massnahmen wurden nach Wichtigkeit, Dringlichkeit und Aufwand individuell von der Experten-Gruppe bewertet. Tabelle 3 beschreibt die für die Bewertung verwendeten Kriterien und deren Ausprägungen. Insgesamt wurden die Bewertungen von 12 Experten vorgenommen.

Kriterium	Wichtigkeit				Dringlichkeit			Geschätzter Aufwand		
	sehr wichtig	wichtig	wenig wichtig	unwichtig	sofort	bis 2017	2017-	hoch	mittel	tief
<b>Punkte</b>	2	1	-1	-2	2	1	0	0	1	2

Tabelle 3: Die für die Bewertung der Massnahmen verwendeten Kriterien und deren Ausprägungen.

Stufe	Wichtigkeit		Dringlichkeit		Aufwand	
<b>1</b>	Hoch	[1.2 – 2.0]	Hoch	[1.4 – 2.0]	Tief	[1.4 – 2.0]
<b>2</b>	Mittel	[0.4 – 1.2]	Mittel	[0.8 – 1.4]	Mittel	[0.8 – 1.4]
<b>3</b>	Tief	< 0.4	Tief	< 0.8	Hoch	< 0.8

Tabelle 4: Übersetzung der durchschnittlichen Punktzahlen in die drei Stufen (hoch, mittel, tief)

Die Anzahl Nennungen pro Ausprägung wurde mit den entsprechenden Punkten gewichtet und durch die totale Anzahl Bewertungen (typischerweise 12) geteilt. Die so ermittelten Punkte wurden dann gemäss Tabelle 4 in 3 Gruppen (Prioritäten) aufgeteilt:

- Wichtigkeit: 1 = hoch, 2 = mittel, 3 = tief
- Dringlichkeit: 1 = hoch, 2 = mittel (bis 2017), 3 = tief
- Geschätzter Aufwand: 1 = tief, 2 = hoch, 3 = hoch

### 1.4. Akteure

Es werden 4 Akteure unterschieden: Bund, Kantone, Nationale Fachverbände (v.a. VSA) und Forschung. Diese Akteursgruppen sind recht breit zu verstehen und geben lediglich einen Hinweis darauf, von welchem Bereich die Initiative ausgehen sollte. In den Tabellen bezeichnet ein grosses ‚X‘ den Hauptakteur, der die Massnahme initiieren sollte, und ein kleines ‚x‘ die weiteren wichtigen Akteure.

## 2. Handlungsfelder

### 2.1. Übersicht über die Handlungsfelder

Insgesamt wurden 42 Massnahmen in den Modulberichten identifiziert. Diese wurden in 5 Handlungsfelder oder Massnahmenbereiche gegliedert. Die Titel der Handlungsfelder orientieren sich an zentralen Zielen, welche mit den Massnahmen in Zukunft erreicht werden sollten.

1. *Infrastrukturen in die Zukunft führen*: Beinhaltet Massnahmen, die das Infrastrukturmanagement verbessern und dafür sorgen, dass auch in der Zukunft die gewünschten Leistungen der Abwasserentsorgung aufrechterhalten werden können. Hier finden sich Massnahmen zur Organisationsform, zur Integration der privaten Anlagen in die Planung oder zur Entscheidung zwischen Trenn- und Mischkanalisation.
2. *Einzugsgebietsmanagement fördern*: Enthält Massnahmen, welche das koordinierte Vorgehen in den abwassertechnischen Einzugsgebieten verbessern und fördern. Diese umfassen sowohl ARA- wie auch regionale Einzugsgebiete.
3. *Entwässerung der Siedlungen optimieren*: Umfasst die Massnahmen, welche das sichere und optimale Abführen von Regen- und Schmutzwasser aus dem Siedlungsraum garantieren. Hierzu gehören z. B. die Erarbeitung von hydrologischen Grundlagen (Regendaten) und die Weiterführung der immissionsbasierten Ansätze für Mischwasserentlastungen.
4. *Synergien nutzen / Vorgehen harmonisieren*: Enthält die Massnahmen, welche überregional oder auf nationaler Stufe getroffen werden sollen, um Synergien schaffen zu können. Beispiele sind die Harmonisierung der Wegleitungen zur Regenwasserentsorgung und die Vereinfachung von Datenmodellen.
5. *Gewässerqualität sichern*: Umfasst Massnahmen, welche direkt der Wasserqualität von Oberflächen- oder Grundwasser zugutekommen. Dazu gehören insbesondere Massnahmen im Bereich Mikroverunreinigungen aber auch zur Verbesserung der Gewässerstruktur und -morphologie.

**2.2. Infrastrukturen in die Zukunft führen: Verbände und Kantone**

*Kurzbeschreibung: Hier finden sich eine Reihe von Massnahmen, welche das Infrastrukturmanagement verbessern und die private und öffentliche Kanalinfrastuktur betreffen. Dies ist das grösste Handlungsfeld mit den meisten Massnahmen, viele davon in Priorität 1 und 2. Als Hauptakteure sind vor allem die Kantone und die Fachverbände in der Pflicht. Aber auch der Bund nimmt bei einer Reihe von Massnahmen mit Priorität 1 und 2 eine wichtige Rolle ein.*

**Abwasserentsorgung 2025 - Expertenbefragung  
Infrastrukturen in die Zukunft führen**

Wichtigkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = tief

Dringlichkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = niedrig

Aufwand: 1 = tief; 2 = mittel; 3 = hoch

Akteure: X = Hauptakteur; x = mitbeteiligter Akteur

	Bewertung			Akteure			
	Wichtigkeit	Dringlichkeit	Aufwand	Bund	Kantone	Verbände	Forschung
P-10 Auf Gemeindeebene sollten organisatorische Massnahmen getroffen werden, um die Hausanschlüsse (inkl. Liegenschaftsentwässerung) zu kontrollieren und den Besitzer zu verpflichten, defekte Hausanschlüsse zu ersetzen/sanieren.	1	1	3	X	x		
P-7 Für den Betrieb der Abwasserinfrastrukturen sollen Leistungskennzahlen entwickelt und veröffentlicht werden.	2	2	2	X	x	x	
I-7 Es sollten Planungswerkzeuge entwickelt und eingesetzt werden, die Aussagen über langfristige Kosten- und Gebührenentwicklungen für Kommunen möglich machen.	2	3	2		x	X	
P-5 Es sollten auf kantonaler und nationaler Ebene Anreize zur Förderung des Infrastrukturmanagements geschaffen werden. Insbesondere:	2	2	2	X	x	x	
P5c * Aufbau von Weiterbildungsangeboten und verstärkte Kommunikation.	2	2	2		x	X	
P5b * Entwicklung von Richtlinien, Leistungsvorgaben und Hilfsmitteln für die Erfolgskontrolle.	2	2	3	X	x	x	
I-12 Die Kantone sollen sich für ein einheitliches System zur Massnahmenkontrolle (GEP) in den Gemeinden entscheiden. Die Kontrolle könnte z. B. durch eine Selbstdeklaration der Gemeinde an den Kanton ausgeführt werden.	2	2	2		X	x	
I-11 Es sollten nationale Empfehlungen und Wegleitungen erarbeitet werden, die die Entscheide über Entwässerungssysteme (z.B. Trenn- oder Mischkanalisation) und die Optimierung der bestehenden Systeme unterstützen.	2	2	2		x	X	x
I-6 Es sollten Anforderungen an den Zustand von Abwasserleitungen und Liegenschaftsentwässerungen definiert werden.	2	2	2			X	x
W-4 Es sollten nationale Vorgaben für die Finanzierung langfristiger Infrastrukturbauten gemacht werden, um die Gebührensituation zu stabilisieren und die Vergleichbarkeit erhöhen.	3	3	3	X	x		
I-4 Es sollte untersucht werden, wie die Sanierungsverläufe in Kanalisationen typischerweise aussehen sollten und ob es in der Schweiz einen Sanierungs- und Investitionsstau gibt. Dazu gehört auch eine Untersuchung der durchschnittlichen effektiven Lebensdauer von Kanälen.	3	3	3			x	X
A-1b Zur Reduktion von möglichen aber mit Unsicherheit behafteten Auswirkungen des Klimawandels, sollten robuste, flexible und kosteneffiziente Massnahmen entwickelt werden.	3	3	3			x	X
I-8 Es sollten Untersuchungen durchgeführt werden, die das Ausmass der durch mangelnde Bauabnahme und fehlende Fachkenntnisse verursachte Mängel und Kosten in der Siedlungsentwässerung quantifizieren.	3	3	3		x	X	x

*Tabelle 5: Zusammenstellung der Massnahmen "Infrastrukturen in die Zukunft führen". Siehe dazu auch die vergrösserte (identische) Version im Anhang. Die detaillierten Beschreibungen der Massnahmen sind in den jeweiligen Modulberichten zu finden (siehe dazu auch Tabelle 2).*

Dieses Handlungsfeld umfasst verschiedenste Massnahmen, um das Gesamtsystem der für die Abwasserentsorgung benötigten Infrastrukturen effektiv zu bewirtschaften (P-10, P-5, I-11, I-6, I-4, A-1b, I-8) und deren Bewirtschaftung zu kontrollieren (P-7, I-7, I-12, W-4). Im Fokus stehen vor allem die Leitungen im öffentlichen und privaten Bereich, weniger die ARA. Die Massnahmen in diesem Handlungsfeld sind sehr viel heterogener als in den anderen Massnahmenfeldern und es sind auch deutlich mehr Hauptakteure involviert. Ebenfalls ist auf verschiedenen Ebenen die Koordination mit weiteren Akteuren, z. B. Gemeinden oder Infrastrukturbetreibern, nötig.

Eine Reihe von Massnahmen sind zum Teil in Bearbeitung, aber zumeist nicht vollständig umgesetzt oder es fehlen noch Elemente so dass die erarbeiteten Resultate/Produkte ihre Wirksamkeit entfalten können:

- Für P-10 wurden im neuen GEP-Musterpflichtenheft die Grundlagen gelegt, damit die Kantone die Überprüfung der privaten Leitungen im nächsten GEP auslösen können. Ungelöst ist aber noch, wie die Gemeinden dies organisatorisch implementieren werden.
- Die Massnahme ‚Finanzielle Planungsinstrumente‘ (I-7) wurde vom VSA/KI bearbeitet und Ende 2011 veröffentlicht. Offen bleibt dabei aber die Frage der Umsetzung und Kompatibilität, insbesondere mit den vorhandenen Anlagekatastern und dem noch einzuführenden neuen ‚Harmonisierten Rechnungsmodell‘, dem HRM-2.
- Erste Schritte zur Umsetzung von P-5 – Anreize zur Förderung von Infrastrukturmanagement – werden von der Wasseragenda 21 (Arbeitsgruppe ‚Infrastrukturmanagement‘) mit einer Reihe von anderen Verbänden (KI, VSA, SVGW, VSS) und Vertreter von Bund und Kantonen angegangen.<sup>1</sup>

Im Bereich Management kommunaler Infrastrukturen fehlt in der Schweiz ein starkes „Zugpferd“, das die Aktivitäten und Kompetenzen über die verschiedenen Akteure und Sektoren hinweg koordinieren kann. Erste Vorarbeiten sind innerhalb der Wasseragenda 21 (Arbeitsgruppe „Infrastrukturmanagement“) gelaufen. Es ist aber zweifelhaft, ob die Wasseragenda21 die optimale Vereinigung ist, um die in diesem Bericht identifizierten Massnahmen langfristig und mit dem nötigen Druck zu verfolgen. Wir schlagen deshalb vor, dass der Bund seinen Einfluss in den verschiedenen Gremien geltend macht, um ein Sektor übergreifendes Vorgehen mit langfristiger Perspektive zu initiieren. Denkbar wäre hier dass eine nationale Infrastruktur-Initiative ins Leben gerufen wird, wie das auch z. B. in Kanada, Portugal, Neuseeland, Australien und weiteren Ländern passiert ist. Eine weitere Lösung wäre die Schaffung eines Kompetenzzentrums „Infrastrukturmanagement“ (z. B. England).

---

<sup>1</sup> Status Mai 2012: Konzept und Auftragnehmer zur Erarbeitung eine Infrastrukturmanagement Handbuches sind aufgegleist. Sobald die Finanzierung gesichert ist, kann das Projekt ausgelöst werden.

### 2.3. Einzugsgebietsmanagement fördern: Bund

*Kurzbeschreibung: In diesem Handlungsfeld sind Massnahmen zusammengefasst, welche das koordinierte Vorgehen in den abwassertechnischen Einzugsgebieten verbessern und fördern. Keine der Massnahmen hat höchste Priorität und die meisten wurden mit einer mittleren Wichtigkeit eingestuft. Bei allen Massnahmen kann der Bund als wichtiger Akteur identifiziert werden.*

#### Abwasserentsorgung 2025 - Expertenbefragung Einzugsgebietsmanagement fördern

Wichtigkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = tief

Dringlichkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = niedrig

Aufwand: 1 = tief; 2 = mittel; 3 = hoch

Akteure: X = Hauptakteur; x = mitbeteiligter Akteur

	Bewertung			Akteure			
	Wichtigkeit	Dringlichkeit	Aufwand	Bund	Kantone	Verbände	Forschung
I-3 Es sollte untersucht werden, ob die im GEP-Musterpflichtenheft vorgeschlagenen Massnahmen auf der Ebene der ARA-Einzugsgebiete greifen und wie sich diese in das vom Bund geförderte Integrale Einzugsgebietsmanagement einfügen.	2	3	2	X		x	
P-3 Es sollten Leistungsvorgaben für die gesamte Siedlungsentwässerung und Methoden für deren Überwachung entwickelt und eingeführt werden.	2	3	3	x	X	x	
W-2 Es sollten einheitliche Methoden und Ausgleichsverfahren zur Umlegung überregionaler, externer Umweltkosten auf den Verursacher geschaffen werden.	2	3	3	X	x		
P-1 Es sollte untersucht werden, wie die Abwasserentsorgung optimal organisiert werden kann. Dabei gilt es, die Dimensionen (i) vertikale Integration, (ii) horizontale Integration, (iii) Grösse (iv) räumliche Konsolidierung und (v) Organisationsform zu berücksichtigen.	2	3	3	x			X
P-2b Für Einzugsgebiets-Management Projekte sollte eine vergleichende Erfolgskontrolle gemacht werden.	2	3	3	X		x	
W-1b Der Gesamtnutzen der Abwasserentsorgung sollte mit aktuellen umweltökonomischen Methoden quantifiziert werden.	2	2	2	X			x
P-2a Es sollten messbare Zielgrössen definiert werden, welche die unterschiedlichen Massnahmen zum (Integrierten) Einzugsgebietsmanagement quantifizieren, bewerten und über Kantonsgrenzen hinweg vergleichbar machen. Dies schafft die Voraussetzungen, um Defizite zu identifizieren, den Aufwand-Nutzen zu quantifizieren und den Erfolg bei der Umsetzung in der gesamten Schweiz zu erheben.	3	2	3	X		x	
P-8 Es sollte ein Übersicht über die Finanzierung und die Lenkungsinstrumente geschaffen und deren Effektivität und Effizienz untersucht werden. Daraus sollten Mindestvorgaben abgeleitet werden können.	3	3	2	X			

*Tabelle 6: Zusammenstellung der Massnahmen "Einzugsgebietsmanagement fördern". Siehe dazu auch die vergrösserte (identische) Version im Anhang. Die detaillierten Beschreibungen der Massnahmen sind in den jeweiligen Modulberichten zu finden (siehe dazu auch Tabelle 2).*

Der Fokus auf stärkere Integration und Koordination in grösseren Einheiten ist seit einigen Jahren prominent spürbar. Viele der Massnahmen beziehen sich entsprechend auch auf die Bewertung und Verbesserung der laufenden Bemühungen (I-3, W-2, P-1, P-2a/b). Die Massnahme W-2 zu den überregionalen Ausgleichsmechanismen wird gegenwärtig exemplarisch im Bereich Elimination von Mikroverunreinigungen bearbeitet. Die Massnahme „Ökonomische Ermittlung des Gesamtnutzens“ (W-1b) wurde in diesem Handlungsfeld platziert, weil damit Grundlagen für die quantitative Priorisierung von Massnahmen gelegt werden. Stichworte sind hier Umwelt-Services und Zahlungsbereitschaft. Die Massnahme P-3 „Leistungsvorgaben für die Siedlungswasserwirtschaft“ wird aktuell im Kanton Bern diskutiert.

Die Massnahmen im Handlungsfeld „Einzugsgebietsmanagement fördern“ sind zumeist von nationaler Bedeutung oder würden von einer nationalen Koordination stark profitieren. Aus diesem Grund übernimmt der Bund in diesem Handlungsfeld bereits schon heute eine starke Führungsrolle und hat mit der Wasseragenda21 eine geeignetes Gremium, um dieses Thema zu bearbeiten. Die in Tabelle 6

identifizierten Massnahmen sollte in die laufenden Bestrebungen zum Integralen Einzugsgebietsmanagement des Bundes und der WA21 integriert oder zumindest mit diesen koordiniert werden. Das bedeutet auch eine stärkeren und aktiveren Einbezug der erwähnten Hauptakteure. Viele der Massnahmen könnten aber auch direkt zusammen mit oder bei den entsprechenden Akteuren initiiert werden.

**2.4. Entwässerung der Siedlungen optimieren: Nationale Verbände**

*Kurzbeschreibung: Hier finden sich einige Massnahmen, welche das sichere und optimale Abführen von Regen- und Schmutzwasser aus dem Siedlungsraum garantieren. Als Akteure werden überwiegend die nationalen Verbände (v.a. VSA & KI) identifiziert. Nur 2 Massnahmen haben die zweithöchste Wichtigkeit erhalten und betreffen v.a. die Verbesserung bestehender Richtlinien und deren Umsetzung.*

		Bewertung			Akteure			
		Wichtigkeit	Dringlichkeit	Aufwand	Bund	Kantone	Verbände	Forschung
Wichtigkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = tief Dringlichkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = niedrig Aufwand: 1 = tief; 2 = mittel; 3 = hoch  Akteure: X = Hauptakteur; x = mitbeteiligter Akteur								
A-1b	Es sollte eine einheitliche und praxisorientierte Versickerungsrichtlinie erarbeitet werden und die Architekten, Landschaftsplaner und Städteplaner sollten zu einem nachhaltigen Umgang mit Regenwasser in der Siedlung systematisch motiviert werden.	2	1	2		x	X	
H-1	Es sollte eine aktuelle, einheitliche Regendatenbank angelegt und kontinuierlich gepflegt werden. Enthalten sein sollen alle für die Entwässerungsplanung notwendigen Regendaten, auch Interpolationen (z. B. Isolinien) für Gebiete ohne Regenmessungen, statistische Regenauswertungen und Dimensionierungsregenserien.	2	2	3	x		X	
A-1a	Es sollte untersucht werden, welchen Einfluss der Klimawandel auf die Abwasserinfrastruktur haben könnte.	3	3	2			x	X
H-2	Es sollte untersucht werden, wie die STORM-Richtlinie besser in der Praxis verankert werden kann.	3	2	2			X	
H-4a	Richtlinien für den Einsatz von Modellen sollten empfohlen und gefördert werden. Insbesondere für den Einsatz von Sicherheitsfaktoren und den Umgang mit Unsicherheiten sollten breit abgestützte Empfehlungen erarbeitet werden.	3	2	2			X	x
H-4b	Für den Einsatz von Modellen sollten Richtlinien gefördert werden und breit abgestützte Empfehlungen erarbeitet werden. Dies betrifft besonders den Umgang mit *Sicherheitsfaktoren,*Unsicherheiten, *szenarischen Unsicherheiten	3	2	2			X	x
I-5	Auf nationaler Ebene sollte eine Erfolgskontrolle zur Sanierung der Liegenschaftsentwässerung durchgeführt werden.	3	3	3		x	X	

*Tabelle 7: Zusammenstellung der Massnahmen "Entwässerung der Siedlungen optimieren". Siehe dazu auch die vergrösserte (identische) Version in Anhang 1. Die detaillierten Beschreibungen der Massnahmen sind in den jeweiligen Modulberichten zu finden (siehe dazu auch Tabelle 2). ‚X‘ bezeichnet den Hauptakteur, ‚x‘ weitere Akteure.*

Der Überschwemmungsschutz der Siedlungen und damit das sichere Ableiten (inkl. Versickerung) von Regenwasser ist eine der aufwendigsten Leistungen der Abwasserentsorgung. Da dies eine Kernaufgabe ist, erstaunt es nicht, dass viele der wichtigen Probleme bearbeitet sind. Mittlere Priorität haben Massnahmen zur kreativen Umsetzung (A-1b) und zur Vereinheitlichung der Berechnungsgrundlagen für die Dimensionierung der Entwässerungssysteme (H-1) erhalten. Diese beiden Massnahmen haben langfristig deutliche Auswirkungen auf die Kosten der Kanalisation.

Die Massnahmen in diesem Handlungsfeld hat im VSA und dessen Kompetenzzentrum „Siedlungsentwässerung“ einen klaren Hauptakteur. Die Massnahmen können dort langfristig mit Leistungsvereinbarungen ausgelöst und begleitet werden.

## 2.5. Synergien nutzen / Vorgehen harmonisieren: Verbände & Bund

*Kurzbeschreibung: Hier sind Massnahmen zusammengefasst, welche auf nationaler Stufe getroffen werden sollen, um Synergien zu schaffen. Nicht überraschend werden hier als nationale Akteure die Fachverbände und der Bund identifiziert. Zwei Massnahmen mit hoher Wichtigkeit und zwei mit mittlerer Wichtigkeit finden sich auf der Liste, alle vier mit mittlerer Dringlichkeit.*

		Bewertung			Akteure			
		Wichtigkeit	Dringlichkeit	Aufwand	Bund	kantone	Verbände	Forschung
Wichtigkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = tief Dringlichkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = niedrig Aufwand: 1 = tief; 2 = mittel; 3 = hoch  Akteure: X = Hauptakteur; x = mitbeteiligter Akteur								
G-4	Die Regelwerke zur Regenwasserbehandlung sollten harmonisiert werden.	1	2	2	x		X	
I-2	Auf nationaler Ebene sollten Datenmodelle harmonisiert und vereinfacht werden um die Verfügbarkeit von Daten der Abwasserinfrastruktur zu garantieren.	1	2	3	X	x		
W-1a	Es sollte eine Branchenbeschreibung erstellt und kommuniziert werden, in der die Leistungen der Siedlungsentwässerung (und der Abwasserbehandlung) dargestellt sind.	2	2	2			X	
A-3b	Für eine effektivere Nutzung der Forschung sollten Mechanismen geschaffen werden, die den Austausch zwischen Forschung, Behörden/Entscheidungsträgern und Praxis kontinuierlich fördern (z.B. beim NFP 64).	2	2	2	X		x	
P-6	Es sollten Strategien ausgearbeitet werden, wie in der Schweiz die Abwasserentsorgung vermehrt als Nährstoffquelle (Phosphor, Stickstoff, Kalium) genutzt werden kann.	3	3	2			x	X
P-4	Die Einführung neuer Technologien und die Überwachung der Leistungen sollte national geführt und begleitet werden. Auf diese Weise können Fehlinvestitionen minimiert und die Nutzung von Erfahrungen maximiert werden.	3	2	3	x		X	
P-9	Es sollten spezifische Kommunikationskonzepte für Politiker, Industrie, Forschungseinrichtungen, Betreiber, Behörden und Bevölkerung für den Bereich Abwasser entwickelt und implementiert werden.	3	2	3	X		x	

*Tabelle 8: Zusammenstellung der Massnahmen "Synergien nutzen / Vorgehen harmonisieren". Siehe dazu auch die vergrösserte (identische) Version in Anhang 1. Die detaillierten Beschreibungen der Massnahmen sind in den jeweiligen Modulberichten zu finden (siehe dazu auch Tabelle 2).*

Viele der Massnahmen in diesem Handlungsfeld sind in Teilen, aber nicht vollständig oder zufriedenstellend, umgesetzt. Die ‚Harmonisierung der Regelwerke zur Regenwasserbehandlung‘ (G-4) wird im VSA angegangen. Für die Massnahme ‚Harmonisierung der Datenmodelle‘ (I-2) sind die technischen Grundlagen gelegt (SIA 405, VSA/DSS und VSA/DSS-Basis) und die gesetzlichen Möglichkeiten geschaffen (GeolG). Allerdings wird insbesondere auf der gesetzlichen Seite die Massnahme nur ungenügend umgesetzt (z. B. in den gegenwärtig ausgearbeiteten kantonalen Gesetzen), so dass immer noch Handlungsbedarf besteht. Insgesamt ist der Aufwand, die Massnahmen in diesem Handlungsfeld auszulösen, klein – auch wenn der Gesamtaufwand der einzelnen Massnahmen z.T. als hoch eingeschätzt wird. Hier besteht mit den Leistungsvereinbarungen ein wirksames Instrument, die Massnahmen bei den entsprechenden Kompetenzzentren im VSA auszulösen.

## 2.6. Gewässerqualität sichern: Bund und Forschung

*Kurzbeschreibung: Eine Reihe von Massnahmen betreffen direkt die Wasserqualität und die Gewässer, sowohl ober- wie auch unterirdisch. Als Akteure stehen insbesondere der Bund und die Forschung im Vordergrund. Allerdings sind bei den zwei Massnahmen mit Wichtigkeit 1 auch die Kantone und die Verbände gefragt. Die Wichtigkeit deckt sich recht gut mit der Dringlichkeit der Massnahmen.*

### Abwasserentsorgung 2025 - Expertenbefragung Gewässerqualität sichern

Wichtigkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = tief

Dringlichkeit: 1 = hoch; 2 = mittel; 3 = niedrig

Aufwand: 1 = tief; 2 = mittel; 3 = hoch

Akteure: X = Hauptakteur; x = mitbeteiligter Akteur

	Bewertung			Akteure			
	Wichtigkeit	Dringlichkeit	Aufwand	Bund	Kantone	Verbände	Forschung
I-9 Die integrative Betrachtung von Netz und ARA sollte gefördert werden.	1	1	2	x	X		x
T-1 Die Implementation der Mikroverunreinigungstechnologien in die Kläranlagen sollte gestuft über eine längere Zeitperiode ausgelöst werden. Damit kann die Praxis wertvolle Erfahrung sammeln und ausserdem werden die bestehenden Ingenieur-Strukturen nicht überfordert.	1	1	2	X	x	x	x
H-3 Die Auswirkung von Abwasserexfiltrationen auf die Grundwasserqualität aufgrund fehlerhafter Leitungen in der Siedlungswasserwirtschaft sollte erfasst werden.	2	2	3	x			X
A-2a Die Spurenstoff-Massenflussströme, die die Eintragspfade von Spurenstoffe in die Umwelt charakterisieren, sollten quantifiziert werden. *aus abgeleitetem Regenwasser *aus Kanälen (Mischwasser, Fehlschlüsse, Exfiltration)	2	2	3	X			x
G-1b Es sollten Massnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur und -morphologie in kleinen und mittleren Fliessgewässern erarbeitet werden.	3	2	2	x			X
G-2 Die Auswirkung von Wärmeeintrag und Wärmeentzug auf die Gewässer sind zu untersuchen. Für kritische Zustände sind Lösungsmöglichkeiten zu identifizieren.	3	3	2	X		x	
G-1a Es sollte eine Beurteilungsgrundlage für die Gewässerstruktur und -morphologie in kleinen und mittleren Fliessgewässern erarbeitet werden.	3	2	3			X	x
W-3 Die Umsetzung und die Investitionsfolgen der Anwendung der STORM-Richtlinie ist zu ermitteln, um im Weiteren Schlussfolgerungen auf mögliche Investitionen zum Rückhalt von Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen zu ermitteln.	3	3	3	x		X	x
G-3 Für die schweizspezifischen typischen Fliessgewässer und die darin enthaltenen aquatischen Lebensgemeinschaften sollten Anforderungen aufgestellt werden, um nachhaltige negative Auswirkungen zu vermeiden.	3	3	3	x			X

*Tabelle 9: Zusammenstellung der Massnahmen "Gewässerqualität sichern". Siehe dazu auch die vergrösserte (identische) Version in Anhang 1. Die detaillierten Beschreibungen der Massnahmen sind in den jeweiligen Modulberichten zu finden (siehe dazu auch Tabelle 2).*

Mehrere der in dieser Liste aufgeführten Massnahmen sind bereits in Bearbeitung. Dies betrifft insbesondere die Massnahmen bezüglich diffusen Einträgen von Mikroverunreinigungen (A-2a, W-3) und die Aktivitäten im Bereich Fliessgewässerrevitalisierung (G-1a/b). Auch die ‚Gestufte Implementation der MV-Eliminationstechnologie‘ (T-1) wurde in der letzten Vernehmlassung des neuen Gewässerschutzgesetzes mit einer Übergangszeit von 20 Jahren beachtet. Die Aktionen für die restlichen 2 Massnahmen mit Priorität 1 und 2 können vom BAFU bei Bedarf und ohne weitere Abklärungen angegangen werden. Dazu gehören:

- Integrative Betrachtung von Netz und ARA (I-9)
- Auswirkung von Abwasserexfiltrationen auf Gewässer (H-3)

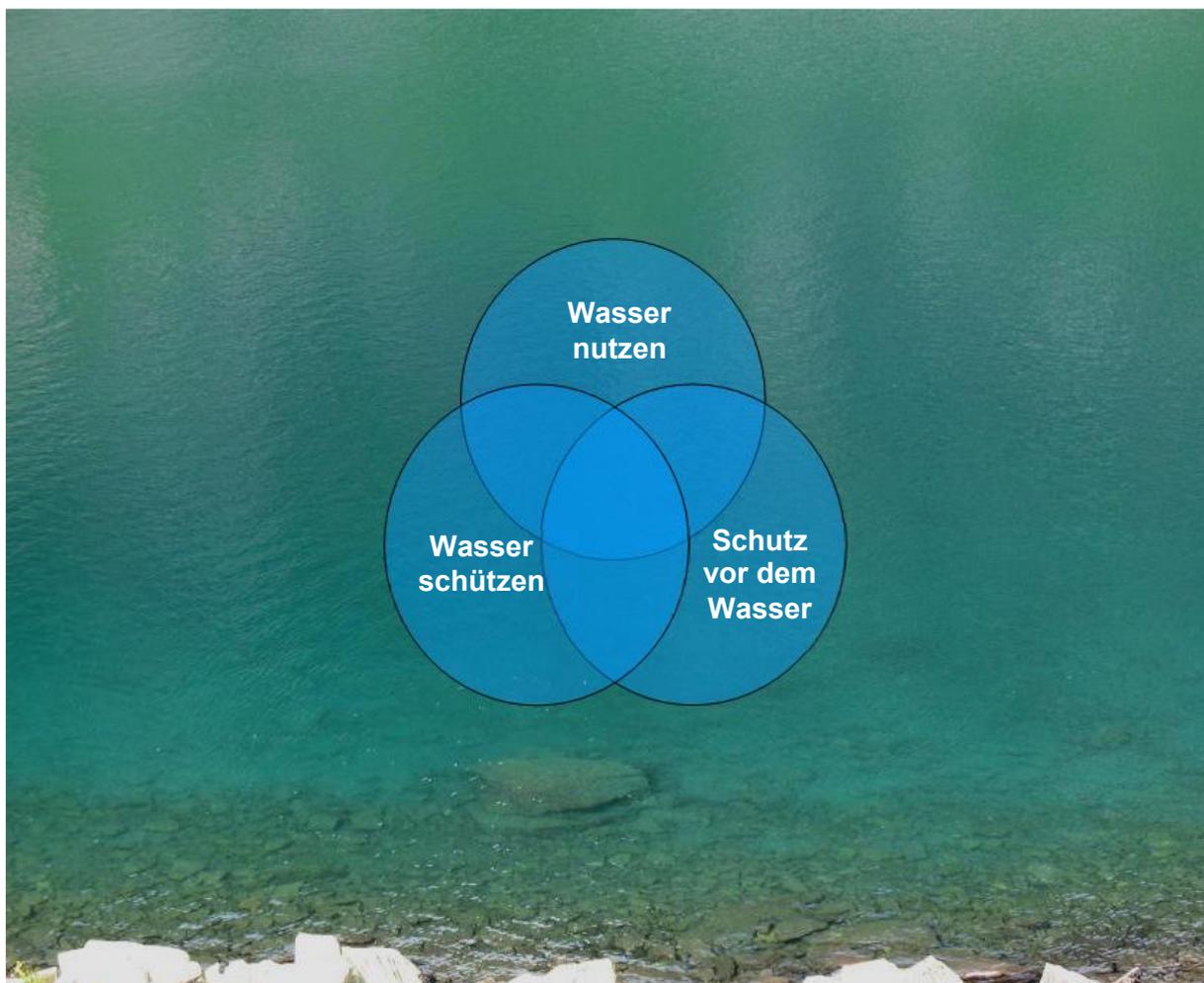
Ob auch die Massnahmen mit tiefer Priorität angegangen werden sollen, muss im Einzelnen vom BAFU evaluiert und mit der BAFU-Gesamtstrategie koordiniert werden.

# Abwasserentsorgung 2025

## 1 Policy und Governance im Abwassersektor der Schweiz und Europas

Fabienne Chawla, Max Maurer

Dübendorf, August 2012



# Inhalt

Zusammenfassung .....	- 47 -
1. Definition von ‚Policy‘ und ‚Governance‘ .....	- 48 -
2. Policy and Governance in der Schweiz.....	- 48 -
3. Policy and Governance in Europa .....	- 57 -
4. Vergleich Policy and Governance in der Schweiz und in Europa .....	- 60 -
5. Einfluss der europäischen Politik auf den schweizerischen Abwasserbereich .....	- 63 -
6. Entwicklung der Governance.....	- 65 -
7. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen .....	- 68 -
8. Referenzen und Quellen.....	- 72 -

**Berichtsexperte Eawag:** Andreas Klinke

**Titelfoto:** Grundanliegen der integralen Wasserwirtschaft

## Zusammenfassung

Dieser Bericht stellt die Gesetzgebung und Organisation der schweizerischen Abwasserentsorgung dar und versucht daraus Handlungsbedarf und offene Fragen abzuleiten. Dazu wird auch die europäische Abwasserpolitik und Gesetzgebung kurz beschrieben und mit der schweizerischen Situation verglichen.

Der Besitz und Betrieb der Infrastruktur sind in der Schweiz mehrheitlich in öffentlichen Händen. Die Organisationsform der Abwasserentsorgung hängt von der Infrastruktur und den lokalen Bedingungen ab, ist aber in den meisten Fällen stark von den politischen Strukturen der Gemeinden und Zweckverbände geprägt. Um die Entscheidungsstrukturen flexibler zu gestalten, werden vermehrt effektivere Organisationsformen gesucht, wie die Aktiengesellschaft in öffentlichen Händen oder die interkommunale Anstalt (Kt ZH).

Die Organisationseinheiten für die Abwasserentsorgung sind in der Schweiz zumeist kleinräumig und zersplittert, was einen hohen Professionalisierungsgrad des Bereichs erschwert. Die Professionalisierung könnte sich in Zukunft mit der Zunahme von Regionalisierung entwickeln. Die zahlreichen Aufgaben und Verantwortlichkeiten, die die Gemeinden im Bereich Abwasserentsorgung haben, stellen einen Anreiz für grössere Strukturen dar. Es wird erwartet, dass die Abwasserentsorgung in Zukunft häufiger auf regionaler Ebene organisiert wird. Neben Gemeindefusionen und der Schaffung neuer Gemeindeverbände (z. B. für den Betrieb von Kanälen) können bestehende Organisationen den Betrieb entweder an grössere öffentliche Organisationen oder ebenfalls an private Unternehmen delegieren. Es ist also möglich, dass der Anteil privater Organisationen an der Leistungserbringung im Abwasserbereich in Zukunft zunimmt, obwohl der Besitz und die allgemeine Organisation noch in öffentlichen Händen bleiben werden. Eine umfangreiche Liberalisierung, insbesondere die Abtretung der Infrastruktur, ist nicht zu erwarten.

Besonders dem Management der kommunalen Infrastrukturen kommt in diesem Zusammenhang eine wichtige Bedeutung zu. Dieses sollte daher prioritär auf nationalem Niveau gefördert werden. Dass der Aufwand dazu nicht überwältigend gross sein muss, zeigen Beispiele aus anderen Ländern (Gianella and Maurer, 2006). Erleichternd kommt in der Schweiz noch hinzu, dass hier bereits viele Erfahrungen und Ressourcen verfügbar sind. Allerdings muss der Wille, angepasste Lösungen zu finden und diese umzusetzen, auf allen Stufen geschaffen werden.

Zusätzlich besteht auch ein Trend, das integrale Einzugsgebietsmanagement (IEM), also ein gemeinsames Management von Wasserversorgung, Siedlungsentwässerung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz zu fördern. Derzeit sind die Erfahrungen mit dem IEM noch gering. Es wird aber erwartet, dass das IEM in Zukunft häufiger in der Praxis zu finden sein wird. Geeignete Managementansätze (inkl. Finanzierungsmechanismen) sollten empfohlen und gefördert werden. Die Schweiz strebt mit dem IEM ähnliche Ziele wie Europa mit der Wasserrahmenrichtlinie an und erhöht damit die Kompatibilität mit der europäischen Wasserpolitik.

Der Bericht schliesst mit einer Reihe von Empfehlungen für zukünftige Massnahmen ab.

# 1. Definition von ‚Policy‘ und ‚Governance‘

Der Begriff Governance wird in den verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen unterschiedlich definiert. In diesem Bericht verwenden wir den Begriff „Governance“ in Bezug auf den Wasserbereich in der Schweiz nach Worch und Klinke (2009). Danach umfasst Governance den Gesamtzusammenhang zwischen Institutionen, Prozessen und Politikgehalten und schliesst alle öffentlichen und privaten Akteure, die für einen Bereich sorgen, und alle Ebenen vom Bund bis zu den Gemeinden ein. Die Policy betrifft sozusagen die Wasserpolitik und ist damit ein Ergebnis der Governance<sup>1</sup>. Sie bezieht sich auf die gesamten Entscheidungen, die für den Bereich getroffen werden und beinhaltet nicht nur die Gesetzgebung, sondern alle koordinierten Aktionen und allgemeinen Prozesse, die zu den Entscheidungen führen.

## 2. Policy and Governance in der Schweiz

### 2.1. Schweizer Gesetzgebung

Die Gesetzgebung für den Abwasserbereich betrifft vor allem den Gewässerschutz, der seine Rechtfertigung in der Bundesverfassung (Artikel 76) findet. Die Gesetzesgrundlage der Abwasserentsorgung und -reinigung ist im Gewässerschutzgesetz (GSchG, 24. Januar 1991) und in der Gewässerschutzverordnung (GSchV, 28. Oktober 1998) verankert.

#### 2.1.1. Bundesverfassung

Gemäss der *Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft* (18.04.1999) muss der Bund die Gesetze über das Wasser erlassen (Artikel 76). Sie bauen auf drei wichtigen Kriterien auf, nämlich der häuslichen Nutzung des Wassers, dem Schutz der Wasservorkommen sowie der Abwehr gegen schädigende Einwirkungen des Wassers.

#### 2.1.2. Gewässerschutzgesetz und -verordnung

Der Gewässerschutz ist in der Schweiz seit 1953 in Diskussion; in jenem Jahr wurde erstmals ein Artikel zu diesem Thema in der Bundesverfassung verankert. Das erste Gesetz zum Gewässerschutz wurde 1957 erlassen. Es hatte aber wenig Wirkung auf den Gewässerzustand, da u.a. keine Subventionen für den Bau von Infrastruktur vorgesehen waren. Dies änderte sich durch die erste Revision von Gesetz und Verordnung im Jahr 1972, als der Bund die Möglichkeit erhielt, den Bau der Infrastruktur zu subventionieren. Dies hatte einen sehr starken Einfluss auf den schweizweiten Anschlussgrad an Kanalisation und Kläranlagen. In den 1980er-Jahren wurde der Gewässerschutzbegriff von der rein chemischen Definition auf die natürlichen oder naturnahen

---

<sup>1</sup>Eva Lieberherr, Eawag

Gewässerstrukturen ausgedehnt. Dieses neue Verständnis führte schliesslich im Jahr 1991 zum heute noch gültigen Gewässerschutzgesetz bzw. 1998 zur Gewässerschutzverordnung (Müller, 2007).

Ziel des *Gewässerschutzgesetzes* (GSchG; 24.01.1991) ist es, Menschen, Tiere und Pflanzen sowie Biotope zu schützen. Gemäss GSchG ist es verboten, Stoffe, die das Wasser verunreinigen können, in die Gewässer einzubringen oder versickern zu lassen. Gemäss dem Verursacherprinzip müssen die Verantwortlichen einer Verschmutzung die Kosten tragen. Artikel 7 des GSchG beschreibt die Grundlagen der Entsorgung und Reinigung des Siedlungswassers sowie die Verantwortung des Bundes, der Kantone und der Gemeinden. Laut Gesetz muss der Bund die Anforderungen für die Gewässerqualität definieren. Das GSchG legt zudem die Standorte fest, an denen das Abwasser entsorgt und gereinigt werden muss (Artikel 10 und 11), wobei die Kantone für die Erstellung des Generellen oder Regionalen Entwässerungsplans (GEP/REP) verantwortlich sind (Artikel 7). Der Bund kann darüber hinaus Subventionen für den Bau von Anlagen für die Stickstoffelimination bewilligen.

Die *Gewässerschutzverordnung* (GSchV) regelt u.a. die Anforderungen an die Gewässerqualität und die Entsorgung des Siedlungswassers sowie des Klärschlammes (Kapitel 3). Ausserdem bestimmt die GSchV die Voraussetzungen für die Gewährung von Bundesbeiträgen. Die Definition des verschmutzten Abwassers ist in der GSchV verankert und hängt von der Art, der Menge, den Eigenschaften und dem zeitlichen Anfall der Stoffe ab, die im Abwasser enthalten sind, sowie vom Zustand des Gewässers, in das das Abwasser gelangt (Artikel 3). Die GSchV definiert, welche Abwässer in die öffentliche Kanalisation eingeleitet, welche in die Gewässer entlastet werden und welche versickern dürfen (Artikeln 6, 7, und 8). Das Regenwasser, das von Dachflächen, Strassen und ähnlichen Oberflächen abläuft, wird im Prinzip nicht als verschmutztes Abwasser eingestuft. Damit sind die Grundlagen für die unterschiedliche Behandlung von Schmutz- und Regenwasser und damit den Bau von Trennsystemen oder von Versickerungsanlagen gelegt. Zusätzlich verpflichtet Artikel 11 die Inhaber von Gebäuden, ein Trennsystem bis zur öffentlichen Kanalisation zu bauen. Die Kantone sorgen dafür, dass ein GEP und REP erstellt werden. Diese müssen u.a. die Gebiete für den Kanalisationsbau, die Abwasserversickerung, die Entlastungen von unverschmutztem Abwasser und die Standorte für Abwasser-reinigungsanlagen (ARA) enthalten. Zusätzlich bestimmt die GSchV, dass die Siedlungswasserentsorgung und -reinigung in den Händen ausgebildeter Fachleute liegen muss. Die kantonale Behörde sorgt dafür, dass die Anlagen periodisch kontrolliert werden.

### 2.1.3. Änderungen des GSchG und der GSchV

Der *Gegenvorschlag zur Volksinitiative „Lebendiges Wasser“*, der die Renaturierung von Gewässern bezweckt, hatte Änderungen des GSchG und der GSchV zur Folge. Das geänderte GSchG ist seit Januar 2011 in Kraft und ein Entwurf der geänderten GSchV ist derzeit in Anhörung bei den Kantonen. Diese Änderungen werden jedoch laut der Schweizer Arbeitsgemeinschaft Wasseragenda21 wenig Einfluss auf den Abwasserbereich haben<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Stefan Vollenweider, Wasseragenda21

Wichtiger für den Abwasserbereich sind die in der GSchV vorgesehenen Revisionen bezüglich der *Verminderung von Mikroverunreinigungen*. Gemäss dem Entwurf, der von Dezember 2009 bis April 2010 in Anhörung war, sollen 100 der 700 Schweizer Kläranlagen ein zusätzliches technisches Verfahren für die Elimination von Mikroverunreinigungen erstellen. Wie die Anhörungsteilnehmenden aber feststellten, lag der Schwachpunkt des Entwurfes in der Finanzierung der erforderlichen Anlagen<sup>3</sup>.

Die Vernehmlassung der TVA-Revision ist für das Jahr 2012 geplant. Die im Normkonzept (BAFU, 2011) enthaltene Forderung nach einer Phosphorrückgewinnung aus phosphorreichen Abfällen würde eine Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser, Klärschlamm oder Klärschlammasche bedingen und hätte somit eine grosse Auswirkung auf die Abwasserwirtschaft.

#### 2.1.4. Andere relevante Bundesgesetzgebungen

Das Umweltschutzgesetz (USG, 7.10.1983) zielt darauf ab, die Umwelt (Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume) vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu schützen (Art. 1). Die Prinzipien der Vermeidung, Sammlung, Behandlung, Verwertung und Ablagerung von Abfällen sind in Artikel 30 verankert. Die Entsorgung untersteht der Verantwortlichkeit der Kantone (Artikel 31c) und die Finanzierung der Entsorgung ist in Artikel 32a beschrieben.

Regelungen zum Klärschlamm sind in der *Technischen Verordnung über Abfälle* (TVA, 10.12.1990) und der *Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung* (ChemRRV, Anhang 2, 18.05.2005) festgeschrieben. Die TVA reguliert die Behandlung von Abfällen mit dem Ziel, Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften sowie die Gewässer, den Boden und die Luft vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen durch Abfälle zu schützen. Sie besagt, dass der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm, der als brennbarer Abfall gilt, nicht deponiert werden darf. Daneben beschränkt oder verbietet die *ChemRRV* die Verwendung gefährlicher Stoffe. Demnach ist die Verwendung des Klärschlammes in der Landwirtschaft gemäss Anhang 2 dieser Verordnung seit 2006 verboten. Derzeit ist eine Totalrevision der TVA in Arbeit, die Vernehmlassung ist für 2012 geplant (BAFU, 2011).

Die *Verordnung zum Register über die Freisetzung von Schadstoffen sowie den Transfer von Abfällen und von Schadstoffen in Abwasser* (PRTR-V, 15. Dezember 2006) verpflichtet die Besitzer von Kläranlagen dazu, die Freisetzung von Schadstoffen sowie den Transfer von Abfällen und von Schadstoffen in Abwasser durch ein Register sicherzustellen.

#### 2.1.5. Kantonale Gesetze

Auf kantonaler Ebene sind die Vorgaben des Bundes in weiteren spezifischen Gesetzen geregelt, wobei die Gemeinden je nach Kanton mehr oder weniger in der Verantwortlichkeit stehen bzw. mehr oder weniger autonom sind.

Die Gesetzgebung über die Finanzierung in den Gemeinden variiert in Bezug auf ihre Detailliertheit stark unter den Kantonen. Die Finanzierung des Abwasserbereichs spielt eine wichtige Rolle in der

---

<sup>3</sup> BAFU, Medienmitteilungen des 16.09.2010

Planung. Wenn Finanzierung und Lenkungsinstrumente gut definiert sind, ist die Planung der Abwasserentsorgung und -reinigung einfacher und könnte besser kontrolliert werden.

## 2.2. Zuständigkeiten für die Siedlungswasserentsorgung und -reinigung

### 2.2.1. Bund

Der Bund muss die Anwendung des GSchG und der GSchV überwachen und die Massnahmen der Kantone koordinieren (Artikel 46). Der Bundesrat legt die Anforderungen an die Wasserqualität für ober- und unterirdische Gewässer fest. Zusätzlich definiert er die Kriterien für die Einleitung von Abwässern (z. B. aus der Industrie) in die Kanalisation und erlässt Vorschriften über die Wasser, die versickern können oder in Gewässer eingeleitet werden müssen.

### 2.2.2. Kantone

Die Kantone müssen die Bundesgesetze anwenden und erlassen darauf abgestützt eigene kantonale Gesetze zum Gewässerschutz. Die Kantone sind dafür verantwortlich, dass die Abwasserinfrastruktur gebaut wird und dass ihr Betrieb ökonomisch ist. Sie überwachen die Erstellung der GEPs durch die Gemeinden, entscheiden, wo ein regionaler Entwässerungsplan nötig ist, und sorgen für die periodische Kontrolle der Anlagen. Zusätzlich können die kantonalen Behörden auch eine Beraterrolle übernehmen, zum Beispiel, wenn es darum geht, Konflikte innerhalb eines Verbands zu lösen<sup>4</sup>. Einige Kantone (z. B. Bern) haben spezielle Fonds für den Abwasserbereich geöffnet und können daraus Subventionen ausschütten<sup>5</sup>.

### 2.2.3. Gemeinden

Die Zuständigkeit der Gemeinde ist je nach Kantonen unterschiedlich geregelt. Generell sind die Gemeinden für den Bau und den wirtschaftlichen Betrieb der Abwasserinfrastruktur zuständig. Dafür müssen die Gemeinden einen GEP gemäss den kantonalen Anforderungen erstellen. Um die Kosten der Abwasserinfrastruktur zu finanzieren, sollen die Gemeinden Gebühren nach dem *Verursacherprinzip* (GSchG, Artikel 60) einziehen, was jedoch nicht überall vollständig der Fall ist (BG, 2003). Da die Anforderungen an die Abwasserentsorgung komplex sind, kann es für kleine Gemeinden schwierig sein, alle Aufgaben alleine auszuführen. Sie können sich darum als Gemeindeverband organisieren und einen Teil ihrer Aufgaben gemeinsam erfüllen. Gemeindeverbände sind besonders häufig für die Abwasserreinigung (Kläranlage).

---

<sup>4</sup> Stefan Hasler, Kanton Bern

<sup>5</sup> Olivier Chaix, BG Ingenieure & Berater

#### 2.2.4. Weitere Akteure

Im Bereich Wasserwirtschaft bilden rund 150 Akteure ein verwirrendes Netzwerk<sup>6</sup>. Diese haben sehr unterschiedlichen Einfluss auf die Gestaltung der lokalen und nationalen Prozesse. Etwas Klärung darf in diesem Zusammenhang vom NFP61-Projekt „Auf dem Weg zu einer integrativen Wasserpolitik“<sup>7</sup> erwartet werden, das voraussichtlich im Jahr 2013 abschliesst.

Einen starken Einfluss auf die Meinungsbildung in der Bevölkerung haben auch die Medien und entsprechend jene Organisationen mit guten Medienkontakten. Dabei hatten VSA und Abwasserbetriebe in der Vergangenheit keine grossen Medienkompetenzen. Im Zuge der Diskussion um Mikroverunreinigungen wurde 2006 am ‚Internationalen Water Management Forum‘ der Eawag<sup>8</sup> festgehalten, dass eine der prioritären Massnahmen in der SWW die „Kommunikation zur Bildung und Erhaltung von Vertrauen in die Leistungsfähigkeit von Unternehmen der Siedlungswasserwirtschaft“ sei. Weiter wird festgehalten: „Zielsetzung sind stabile planbare gesetzliche Rahmenbedingungen, Zahlungsbereitschaft von Kunden und Investoren sowie Akzeptanz und Vertrauen in die technischen Lösungsansätze der Unternehmen.“ Nötig seien dabei „Spezifische Kommunikationskonzepte für Politiker, Industrie, Forschungseinrichtungen, Betreiber untereinander, Behörden und Bevölkerung.“<sup>9</sup>

### 2.3. Organisationsformen in der Schweiz

Die Schweiz ist traditionell sehr kleinräumig organisiert. Ungefähr 70% der Gemeinden haben weniger als 2000 Einwohner<sup>10</sup>. Die durchschnittliche Gemeindegrösse ist kleiner als in den angrenzenden Ländern, die einen ähnlich wie die Schweiz organisierten Abwasserbereich haben (Chaix *et al.*, 2008). Die Schweizer Kanalisation wird grösstenteils durch die Gemeinden und nur marginal durch Verbände betrieben. Als Konsequenz gibt es in der Schweiz grob geschätzt 3000 Organisationen, die eine Kanalisation betreiben. Dagegen werden Kläranlagen häufiger gemeinschaftlich betrieben: Insgesamt werden die Schweizer Kläranlagen durch 686 verschiedene Organisationseinheiten unterhalten, was im Durchschnitt ungefähr 10'000 Einwohner pro Betrieb ausmacht (Maurer and Herlyn, 2006).

Gemeindeverbände entstehen durch den freiwilligen Zusammenschluss mehrerer Gemeinden. Sie führen Aufgaben aus, die von den Gemeinden delegiert werden. Hauptgrund, solche Gemeindeverbände zu schaffen, war die Kostensenkung (Chaix *et al.*, 2008). Ein anderer wichtiger Grund ist die effizientere Grösse und Organisation der Gemeindeverbände. Dies ermöglicht, die gestellten Aufgaben durch Fachleute ausführen zu lassen. Daneben werden die Gemeinden und Gemeindeverbände vom VSA, dem Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, unterstützt. Der VSA publiziert Richtlinien und Regelwerke zur Abwasserentsorgung und -reinigung, die oft von den kantonalen Behörden vorgeschrieben werden („Anerkannter Stand der Technik“), obwohl sie nicht gesetzlich verpflichtend sind.

---

<sup>6</sup>

[http://www.bafu.admin.ch/wasser/01444/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.Inp6I0NTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yug2Z6gpJCDfYB3fmyM162epYbg2c\\_JkKbNoKSn6A--](http://www.bafu.admin.ch/wasser/01444/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t.Inp6I0NTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yug2Z6gpJCDfYB3fmyM162epYbg2c_JkKbNoKSn6A--)

<sup>7</sup> [http://www.nfp61.ch/D/projekte/cluster-wassermanagement/integrative\\_wasserpolitik/Seiten/default.aspx](http://www.nfp61.ch/D/projekte/cluster-wassermanagement/integrative_wasserpolitik/Seiten/default.aspx)

<sup>8</sup> <http://www.iwmf.eawag.ch/2006/index>

<sup>9</sup> <http://www.iwmf.eawag.ch/2006/Ergebnisse.pdf>

<sup>10</sup> Bundesamt für Statistik, 2009

In der Schweiz ist die Abwasserentsorgung und -reinigung im Allgemeinen in öffentlichen Händen. Trotzdem werden signifikante Teile der Leistungen in der Privatwirtschaft eingekauft. Dazu gehören v. a. die Planung, bauliche Massnahmen und z. T. der Unterhalt (z. B. Kanalspülungen). Allerdings bestehen wenig Möglichkeiten und geringes Interesse daran, die eigentlichen Anlagen zu privatisieren. Ebenfalls wird auch der Betrieb von Anlagen kaum an privatwirtschaftliche Firmen übertragen.

Für den Betrieb der Kläranlagen existieren in der Schweiz hauptsächlich drei Organisationsformen (Worch and Klinke, 2009) – die Einzelgemeinde, der Zweckverband und die Sitzgemeinde –, die 83% der Bevölkerung versorgen. Obwohl man in den meisten Kantonen mehrere ARA-Organisationsformen vorfindet, dominiert innerhalb eines Kantons oft eine Betriebsform (Worch and Klinke, 2009).

Bei der **Einzelgemeinde** ist eine Gemeinde für die Reinigung ihres eigenen Abwassers verantwortlich. 36% der Kläranlagen werden durch Einzelgemeinden geführt, womit aber trotzdem nur 6% der Bevölkerung abgedeckt werden. Mit einer durchschnittlichen Grösse von 1'700 Einwohnern sind die Einzelgemeinden die kleinste Organisationsform in der Schweiz (Maurer and Herlyn, 2006). Nachteile dieser Organisationsform sind ihre typischerweise geringe Grösse und entsprechend ihre hohen spezifischen Kosten und wenig Möglichkeiten, Fachleute einzustellen.

Der **Zweckverband** koordiniert einen spezifischen Dienst (z. B. den Betrieb einer Kläranlage) für mehrere Gemeinden; er untersteht dem öffentlichen Recht. Der Betrieb wird durch einen Vorstand geleitet und der Gemeinderat trifft die finanziellen Entscheidungen. Oberhalb einer finanziellen Schwelle werden die Entscheidungen einem Volksreferendum unterworfen. Neben diesem Vorteil der direkten Demokratie leidet diese Organisationsform unter den uneffizienten Entscheidungsprozessen. Das Warten auf wichtige Entscheidungen kann Entwicklungsprozesse über Jahre hinweg blockieren. Zweckverbände sind die häufigste Organisationsform in der Schweiz und behandeln das Abwasser für ungefähr die Hälfte der schweizerischen Bevölkerung. Die durchschnittliche Grösse der Zweckverbände liegt bei 14'000 Einwohnern.

Die **Sitzgemeinde** ist ebenfalls ein Gemeindeverband, der vom öffentlichen Recht abhängt. Sie besteht aus einer Gemeinde, die Eigentümerin einer spezifischen Infrastruktur ist und ihren Dienst den angrenzenden Gemeinden anbietet. Dies ist oft der Fall bei grösseren Siedlungen (z. B. Zürich) und ihren angrenzenden Gemeinden, die durch Verträge eingebunden werden. Die Sitzgemeinde hat grosses Gewicht im Entscheidungsprozess, kann häufig die Entscheidungen sogar komplett alleine treffen. Diese Organisationsform hat somit eine bessere Wirksamkeit als die Zweckverbände. Jedoch hängen auch hier wichtige Entscheidungen von einer Volksabstimmung ab und oft ist die Sitzgemeinde mit der politischen Macht verbunden. 24% der Bevölkerung sind an Kläranlagen angeschlossen, die als Sitzgemeinde organisiert sind. Die mittlere Grösse der Sitzgemeinden beträgt wie bei den Zweckverbänden etwa 14'000 Einwohner.

Neben den eben beschriebenen Organisationsformen können Kläranlagen auch durch die kantonale öffentliche Verwaltung, eine öffentlich-private Partnerschaft oder eine Aktiengesellschaft geführt werden. Das ist zwar nur für das Abwasser von 17% der Bevölkerung der Fall, trotzdem können sie die Mehrzahl der Organisationsformen eines Kantons ausmachen.

Die Kantone können die Abwasserentsorgung durch eine **kantonale öffentliche Verwaltung** anstelle der Gemeinden führen lassen. Dabei haben die Gemeinden weniger Autonomie als bei den anderen Organisationsformen, werden aber bei wichtigen Entscheidungen zu Rate gezogen. Da diese Betriebsart auf der Zusammenarbeit zwischen Kanton und Gemeinden basiert, können sich letztlich alle Interessensgruppen einbringen. Diese Organisationsform regelt die Abwasserentsorgung für 8% der Schweizer Bevölkerung und ist in den Kantonen Genf, Appenzell Innerrhoden und Ausserrhoden sowie Baselland zu finden. Mit einer durchschnittlichen Grösse von 155'000 Einwohnern sind die kantonalen öffentlichen Verwaltungen die grössten Organisationen in der Abwasserentsorgung der Schweiz.

Die **öffentlich-private Partnerschaft (PPP)** ist ein Verbund zwischen privaten Unternehmen und den angrenzenden Gemeinden. Die Managementstrukturen solcher Partnerschaften sind in den einzelnen Verbänden unterschiedlich definiert. Prinzipiell könnte die öffentlich-private Partnerschaft wie eine Aktiengesellschaft funktionieren, oft aber agiert sie wie eine Sitzgemeinde: Ein grosses Unternehmen bietet den umliegenden Gemeinden per Vertrag seinen Dienst (z. B. die Abwasserreinigung in einer Kläranlage) an. Ein Beispiel dieser Organisationsform ist das Unternehmen „Pro Reno“ in Baselland, das eine Kläranlage betreibt, an die auch einige angrenzende Gemeinden angeschlossen sind<sup>11</sup>. Öffentlich-private Partnerschaften reinigen das Abwasser von 5% der Bevölkerung. Ihre durchschnittliche Grösse liegt bei 47'000 Einwohnern.

**Kommunale Aktiengesellschaften** sind öffentliche Unternehmen, die dem Privatrecht unterliegen. Sie werden durch einen Verwaltungsrat geleitet. Die Shareholder sind üblicherweise die Mitgliedsgemeinden, die im Besitz der Infrastruktur sowie für deren Organisation zuständig sind<sup>12</sup>. Aktiengesellschaften haben eine grössere Autonomie als die anderen Organisationsformen und können ‚Gewinn‘ erzielen. Die Entscheidungsprozesse sind sehr effizient, da sie einerseits nur bedingt von Volksabstimmungen abhängen und da das Management sehr unternehmerisch agieren kann. Die Aktiengesellschaften behandeln derzeit das Abwasser von 4% der Bevölkerung, die Tendenz ist steigend. Tatsächlich sind derzeit einige Zweckverbände mit Aktiengesellschaften im Gespräch. Aktiengesellschaften im Abwasserbereich sind eher grosse Organisationen: Sie arbeiten im Schnitt für 131'000 Einwohner.

Darüber hinaus gibt es im Kanton Zürich eine spezifische Organisationsform, die **Interkommunale Anstalt (IKA)**. Sie stellt eine Zwischenform zwischen der Aufgabenerfüllung durch Gemeinden und der Übertragung der Aufgaben an private Unternehmen dar. Die IKA ist eine öffentlich-rechtliche Organisationsform und damit an kommunale Rechtsgrundlagen gebunden, aber ohne Möglichkeit von Referenden oder Initiativrecht. Die Anstalt kann sehr frei ausgestaltet und sogar weitgehend der AG angenähert werden (Glättli, 2007). Ein Beispiel für eine IKA ist die ARA Kloten-Opfikon (Stadt-Anzeiger, 2009) mit dem Flughafen Kloten als wichtigen Shareholder.

---

<sup>11</sup> Andreas Klinke, Eawag

<sup>12</sup> Eckhard Störmer, Eawag

## 2.4. Infrastrukturmanagement

Nur durch ein Management der kommunalen Infrastrukturen auf professionellem Niveau können die nachhaltige Bewirtschaftung und die Weiterentwicklung der gesamten investierten Infrastruktur gesichert werden. Dies sollte daher prioritär auf nationalem Niveau gefördert werden. Dass der Aufwand dazu nicht überwältigend gross sein muss, zeigen Beispiele aus anderen Ländern (Gianella and Maurer, 2006). Erleichternd kommt in der Schweiz noch hinzu, dass hier bereits viele Erfahrungen und Ressourcen verfügbar sind. Allerdings muss der Wille, angepasste Lösungen zu finden und diese umzusetzen, auf allen Stufen vorhanden sein.

Aufgrund der erwähnten Herausforderungen hat eine WA21-Expertengruppe im Jahr 2010<sup>13</sup> die zentralen Defizite und Handlungsfelder analysiert und gewichtet. Dabei wurden die folgenden Defizite identifiziert:

*Kommunale Ebene:* Die technisch-operativen Aufgaben der Bewirtschaftung sowie der Erweiterung und Erneuerung werden mehrheitlich sorgfältig und gesetzeskonform erfüllt. Die dafür notwendigen Fähigkeiten des Personals werden insbesondere durch die beiden Fachverbände (VSA, SVGW) umfassend vermittelt. Defizite sind aber im Management der Infrastrukturen zu finden, z. B. bei den strategischen Aufgaben im Bereich Führung und Organisation der kommunalen Netzinfrastruktur: Ein ungenügender Einsatz strategischer Führungsinstrumente, nicht transparente bzw. vergleichbare Kosten- und Leistungsstrukturen, eine fehlende mittelfristige Anlagenplanung (inkl. Finanz- und Gebührenplanung) oder ein lückenhaftes Risikomanagement sind einige der identifizierten Mängel. Gründe dafür sind u.a.: die geringen personellen und finanziellen Ressourcen für die Entscheidungsvorbereitung, eine beschränkte Verfügbarkeit von zuverlässigen Informationen und Entscheidungsgrundlagen sowie fehlende adäquate Instrumente und Fachwissen auf politisch-strategischer Ebene.

*Kantonale und nationale Ebene:* Die kantonalen Aufsichtsbehörden und das Bundesamt für Umwelt sind an die geltenden gesetzlichen Vorgaben gebunden und priorisieren im Vollzug die anfallenden Aufgaben. Der Hauptfokus der gesetzlichen Regelungen liegt derzeit im technisch-operativen Bereich. Dadurch ergeben sich Defizite bei den Rahmenbedingungen auf politisch-strategischer Ebene. Es mangelt an einheitlichen und einfachen Vorgaben, Richtlinien und Hilfsmitteln für die Finanzplanung, einer genauen Ausgestaltung der Planungs- und Führungsprozesse sowie an definierten Leistungsvorgaben zur erfolgreichen Bewirtschaftung der Anlagen. Zudem können auch fehlende Anreizsysteme für die Schaffung grösserer und damit effizienterer Einheiten sowie ein geringes Aus- und Weiterbildungsangebot für Entscheidungsträger als Defizite aufgeführt werden.

---

<sup>13</sup> Strategiegruppe ‚Infrastrukturmanagement Schweiz‘ der WasserAgenda 21. Auszug aus: WA21 (2010) MANAGEMENT DER KOMMUNALEN NETZINFRASTRUKTUREN – Situationsanalyse und gesamtschweizerische Vorgehensstrategie für den Erhalt und die Modernisierung der bestehenden Dienstleistungen am Beispiel des Wassersektors. Abschlussbericht der Arbeitsgruppe zuhanden des Vorstandes Wasser-Agenda 21.

## 3. Policy and Governance in Europa<sup>14</sup>

### 3.1. Die Wasserrahmenrichtlinie und ihre Tochterrichtlinie

In der Europäischen Union stellt die *Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG* (23.10.2000) einen Ordnungsrahmen für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich Wasserpolitik dar. Die Richtlinie ist in der integrierten Wasserpolitik der Gemeinschaft verankert. Ziel ist es, eine nachhaltige Wassernutzung, einen stärkeren Schutz und die Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme zu erlangen. Bis 2015 müssen die Gewässer wieder in einem „guten ökologischen und chemischen Zustand“ sein, gemäss Definition in Anhang V. Dort werden der chemische Zustand mittels Schadstoff-Grenzwerten und der ökologische Zustand aufgrund des spezifischen biogeografischen Zusammenhangs des Gewässers festgelegt. Wo sich ein Flussgebiet über mehrere Länder erstreckt, sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, ihre Verwaltungsvereinbarungen zu koordinieren und einen gemeinsamen Bewirtschaftungsplan zu erstellen. Auf diesem Plan sollen u.a. die Gebiete verzeichnet sein, die wesentlich durch menschliche Aktivitäten beeinflusst sind. Ein erster Plan muss die Periode zwischen 2009 und 2015 umfassen; es ist vorgesehen, ihn anschliessend zu revidieren. Die Kosten des Wasserschutzes werden durch das Verursacherprinzip finanziert.

Als Folge der Wasserrahmenrichtlinie wurde im Jahr 2001 dem Anhang X der Wasserrahmenrichtlinie eine Liste von 33 sogenannten prioritären Schadstoffen hinzugefügt. Die nachfolgende *Richtlinie 2008/105/EG* (16.12.2008) fixiert zudem die maximal gestattete Konzentration dieser prioritären Schadstoffe in den Gewässern. Zusätzlich müssen die Mitgliedstaaten zwischen 2008 und 2010 eine Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste dieser Schadstoffe in den Gewässern erstellen.

Die Richtlinie *2006/11/EG* (15.02.2006) legt die Emissionsgrenzwerte von Schadstoffen fest. Sie beinhaltet zwei Schadstofflisten: Schadstoffe der ersten Liste dürfen keinesfalls in die Gewässer gelangen, während die Einleitung der Schadstoffe, die in der zweiten Liste verzeichnet sind, vermindert werden müssen. Diese Richtlinie wird 2013 durch eine veränderte Wasserrahmenrichtlinie ausser Kraft gesetzt.

Das Ziel der *Richtlinie 2007/60/EG* (23.10.2007) ist die Bewertung und Verminderung des Hochwasserrisikos. Darin sind alle möglichen Hochwasserarten enthalten, einschliesslich der Siedlungswasserüberschwemmung. Die Mitgliedstaaten müssen eine Hochwasserrisikokarte für alle Flussgebiete bis 2013 sowie einen Plan für das Hochwasserrisikomanagement bis 2015 erstellen.

### 3.2. Kommunalabwasserrichtlinie

Zusätzlich zur Wasserrahmenrichtlinie regelt die Richtlinie *91/271/EWG* (21.05.1991) die Behandlung von kommunalem Abwasser. Diese Richtlinie betrifft die Abwasserentsorgung, -reinigung sowie das Einleiten von kommunalem und z.T. von industriellem Abwasser. Ziel ist, die Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen des Abwassers zu schützen. Dazu hat die Richtlinie einen Zeitplan bis

---

<sup>14</sup> [http://europa.eu/legislation\\_summaries/](http://europa.eu/legislation_summaries/)

2005 für die Ausstattung der Abwasserinfrastruktur in den Gemeinden definiert. So mussten bis 2005 alle Siedlungen > 2000 EW über eine Kanalisation und ein Behandlungssystem verfügen – in besonders empfindlichen Gebieten sieht die Richtlinie sogar eine komplexere Abwasserbehandlung vor. Die Mitgliedstaaten müssen die Einleitungen aus Abwasserbehandlungsanlagen überwachen und dies alle zwei Jahre mit einem Bericht an die europäische Kommission dokumentieren.

### **3.3. Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft**

Die europäische Richtlinie 86/278/EWG (12.06.1986) regelt die Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft. Sie fixiert die Grenzwerte für Schwermetalle im Klärschlamm und verbietet die Klärschlammverwendung in der Landwirtschaft, wenn die Schwermetallkonzentrationen oberhalb von definierten Grenzwerten liegen (siehe auch unten).

### **3.4. Anwendung der europäischen Gesetzgebung und Mitgliedstaaten-Policy**

Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union müssen sich an die europäischen Richtlinien halten. Ist das nicht der Fall, kann die europäische Kommission eine Geldstrafe fordern – so geschehen im Jahr 2010 für Belgien, das den Zeitplan der Richtlinie 91/271/EWG nicht eingehalten hatte (Europäische Kommission, 2010) und mit einer pauschalen Geldstrafe von 15 Mio. Euro und einem täglichen Zwangsgeld von knapp 62'000 Euro sanktioniert werden soll. Zur Durchsetzung der europäischen Richtlinien sind die Mitgliedstaaten angehalten, die dafür notwendigen Gesetze auf Länderebene zu schaffen. Die Politik und Organisation im Abwasserbereich hängen somit streng von der Gesetzgebung der verschiedenen Mitgliedstaaten ab. Ihre Gesetze haben trotzdem ähnliche Ziele bezüglich der Ökologie und Ökonomie (Allouche *et al.*, 2008). In den meisten Ländern sind die Gemeinden für die Abwasserentsorgung verantwortlich. Die Infrastruktur ist normalerweise in öffentlichen Händen, ausgenommen in England, wo die Abwasserinfrastruktur seit 1989 komplett in Privatbesitz ist (VanDenBerg, 1997). Der Betrieb der Infrastruktur wird abhängig vom Staat durch private oder öffentliche Unternehmen geführt. Im Allgemeinen nimmt der private Anteil mit der Grösse der Organisation zu. In den folgenden Paragraphen wird die Situation in den angrenzenden Ländern kurz beschrieben (Schönbäck *et al.*, 2003-2004; UCL *et al.*, 2004; Chaix *et al.*, 2008).

#### **3.4.1. Frankreich**

Grundlage der französischen Abwasserentsorgung ist das Gesetz 64-1245 „Régime et répartition des eaux et lutte contre leur pollution“. Darin sind zwei wichtige Begriffe verankert: das Verursacherprinzip und das Flussgebietmanagement. Es gibt in Frankreich sechs Flussgebiete, die jeweils durch eine beratende (Comité de bassin) und eine exekutive Behörde (Agence de l'eau) verwaltet werden. Die „Agence de l'eau“ sammelt durch die Gemeinden Gebühren und bewilligt Subventionen für bestimmte Projekte. Die Gemeinden sind für die Abwasserentsorgung zuständig und können sich als Gemeindeverband organisieren (UCL *et al.*, 2004; Ernst Basler + Partner, 2007). Sie legen die Gebühren fest und müssen einen Anteil an die „Agences de l'eau“ weitergeben. Die Gemeinden können die Abwasserentsorgung entweder selbst führen oder diese Aufgabe an ein privates

Unternehmen delegieren. Der Betrieb der Kläranlagen und ungefähr derselbe Anteil der Kanalisation werden für 47% der Bevölkerung direkt durch die Gemeinden geführt. Im Fall des privaten Betriebs bleibt die Infrastruktur Eigentum der öffentlichen Hand. In den letzten 30 Jahren delegierten mehr und mehr Gemeinden den Betrieb des Abwasserbereiches an private Unternehmen. Drei private Unternehmen (Veolia-Environnement, Suez-Lyonnaise, Saur) haben dann das Monopol des Abwasserbereiches übernommen. Die Konkurrenz ist also klein und die Gemeinden haben wenig Handhabe, bessere Verträge zu verhandeln. Deswegen sind in den letzten Jahren einige Gemeinden zu einem direkten Management zurückgekehrt (UCL et al., 2004).

### *3.4.2. Deutschland*

Deutschland ist wie die Schweiz föderal organisiert. Deswegen gibt es ein Bundesgesetz, das die Länder anwenden müssen. Diese haben, wie auch die Gemeinden, eine grosse Autonomie bezüglich Organisationsformen. Die Gemeinden sind für die Abwasserentsorgung verantwortlich und können sich als Gemeindeverbände organisieren. Da die Länder ihre eigene Gesetzgebung im Rahmen des Bundesgesetzes haben, spielen die Länder eine wichtige Rolle im Gewässerschutz und in der Abwasserentsorgung. Die Gemeinden bestimmen, wie der Betrieb der Abwasserentsorgung organisiert werden soll. Die üblichsten Organisationstypen sind die Eigenbetriebe und die Zweckverbände – beide folgen dem öffentlichen Recht – sowie die kommunalen Eigengesellschaften, die dem Privatrecht unterliegen. Der Eigenbetrieb ist eine halbautonome Gemeindeagentur mit eigenem Budget. Der Zweckverband ist, wie in der Schweiz, ein Zusammenschluss verschiedener Gemeinden im Dienst der spezifischen Aufgabe. Kommunale Eigengesellschaften werden entweder als Aktiengesellschaft (AG) oder Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) geführt. In den letzten Jahren wurde in Deutschland, im Zuge der Veränderungen im Strom- und Telekommunikationsbereich, über die Liberalisierung des Abwasserbereiches diskutiert. Die allgemeine Begeisterung hat sich allerdings nach etlichen Schwierigkeiten in anderen öffentlichen Sektoren (Spital, ...) abgekühlt und vielerorts ist man dazu übergegangen, eine allgemeine Verbesserung und Modernisierung der Abwasserentsorgung anzustreben. Dies fördert u.a. die Kooperation zwischen den Gemeinden.

### *3.4.3. Italien*

Der Abwasserbereich war traditionsgemäss sehr zersplittert, was das „Galli“-Gesetz (05.01.1994) zu ändern bezweckt. Das „Galli“-Gesetz fördert eine regionale Organisation des Abwasserbereiches einer optimalen Landgebietsebene (ATO: „Ambito Territoriale Ottimale“). Das ATO wird durch die Region bestimmt, muss ein Flussgebiet enthalten und entspricht oft einer Provinz (zwischen 60'000 und 4 Mio. Einwohner). Auf nationaler Ebene überwacht das COVIRI („Achtungskomitee“) die Implementierung des „Galli“-Gesetzes. Das ATO muss einen Massnahmenplan („Plan di Ambito“) für 20 Jahre erstellen, der von einem Unternehmen realisiert werden soll. Das Unternehmen, oft als Aktiengesellschaft organisiert, muss dasselbe für das gesamte ATO sein. Die Infrastruktur ist entweder öffentliches, privates oder Misch-Eigentum. Wie in Frankreich gibt es wenige Unternehmen (z. B. Italgas, CREA SpA), die sich den Markt teilen.

#### 3.4.4. Österreich

Auch in Österreich ist die Organisation des Abwasserbereichs ähnlich wie in der Schweiz, da das Land ebenfalls föderal aufgebaut ist. Auf Bundesebene gibt das *Wasserrechtsgesetz* den Rahmen vor, die eigentliche Organisation des Abwasserbereichs wird auf Länderebene entschieden (Schönbäck *et al.*, 2003-2004). Der Landeshauptmann ist der Verantwortliche für die Abwassereinleitung, welche er an die Gemeinden delegiert. Die Verwaltung kann öffentlich-autonom, privat oder als Gemeindeverband organisiert sein. In den Städten überwiegen die öffentlich-autonomen Unternehmen (z. B. Aktiengesellschaft in öffentlichen Händen) (Chaix *et al.*, 2008).

## 4. Vergleich Policy and Governance in der Schweiz und in Europa

### 4.1. Kanalisation

#### 4.1.1. In der Schweiz

In der Schweiz gibt es Bestrebungen, das Niederschlagswasser separat vom Abwasser zu behandeln. Gemäss GSchG und GSchV soll das nicht verschmutzte Niederschlagswasser, wo es möglich ist, infiltriert oder sonst direkt in die Gewässer entlastet werden. Zusätzlich muss das Regenwasser separat von den Gebäuden bis zur öffentlichen Kanalisation geleitet werden. Problematisch ist, dass abfließendes Regenwasser eine Reihe von Schmutzstoffen aufweisen kann, welche stark von den eingesetzten Oberflächen und der Nutzung abhängen. Beispiele sind Kupfer von Metaldächern oder Pestizide von Fassaden und Topfpflanzen (Schluep *et al.*, 2006). Es wird immer schwieriger, zu entscheiden, welches Niederschlagswasser von welchen Flächen nicht verschmutzt ist.

In der Schweiz sind der GEP und REP die Planungswerkzeuge für die Kanalisation. Der GEP und REP sind in der Bundesgesetzgebung verankert, aber auf kantonaler Ebene definiert. Zurzeit decken sie nur den Abwasserbereich ab. Der REP könnte jedoch, wie oben bereits erläutert, in Zukunft als Werkzeug für ein integrales Einzugsgebietsmanagement verwendet werden.

Obwohl es für die Gewässer, ähnlich wie in Europa, Zielvorgaben gibt, sind Vorgaben für das Gesamtsystem Siedlungsentwässerung schwierig und nicht üblich. Vorgaben für Kläranlagen, Anschlussgrad und Mischwasserentlastungen sind oftmals nicht koordiniert und werden unabhängig voneinander verhängt. Ebenfalls fehlt an vielen Orten die Überprüfung von Fehlanschlüssen, Fehlkonstruktionen und Betriebsstörungen (z. B. zusätzliche Reduktion von Drosselementen durch Ablagerungen). Damit fehlt die Überwachung substantieller Schadstoffquellen fast völlig.

#### 4.1.2. In Europa

Die europäische Gesetzgebung ist bezüglich der Separation des Niederschlagwassers und Abwassers neutral. Die Mitgliedstaaten können die Trennung von Niederschlagwasser und Abwasser fordern. Dieses Bestreben, ein Trennsystem zu installieren, existiert in Frankreich, Belgien und Deutschland sowie in gewissen österreichischen Ländern (Schönbäck *et al.*, 2003-2004; UCL *et al.*, 2004).

Die Europäischen Länder müssen ein Massnahmenprogramm auf Flussgebietsebene für die gesamte Wasserwirtschaft erstellen. Dieses Massnahmenprogramm zielt darauf ab, einen guten Zustand der Gewässer zu erreichen. Die Ebene des Massnahmenplans ist viel grösser als die Ebene des schweizerischen GEP und REP. Auf regionaler Ebene besitzen einige Länder Werkzeuge, die dem REP ähnlich sind. Dies ist in Italien mit dem „Plan di Ambitio“ und in Frankreich mit dem SAGE (Plan für Wasser-Einrichtung und -Bewirtschaftung) der Fall. Diese Werkzeuge umfassen nicht nur den Abwasserbereich, sondern alle Bereiche der Wasserwirtschaft. Sie sind damit dem IEM ähnlich. Ausserdem verwendet Wallonien (Belgien) einen Plan (PASH) auf der Ebene von Teileinzugsgebieten, der nur den Abwasserentsorgungsbereich betrifft (UCL *et al.*, 2004).

### 4.2. Kläranlage

#### 4.2.1. In der Schweiz

Das Abwasser kann in Gewässer entlastet werden, wenn es gereinigt wurde, so dass die in Anhang 3 der GSchV definierten Forderungen respektiert werden, und wenn der Zustand des Gewässers den Normen entspricht, die in Anhang 2 der GSchG definiert sind. Die Abwasserreinigung stützt sich auf absolute Grenzwerte sowie auf den Reinigungseffekt. Das Abwasser muss dann mehr oder weniger stark gereinigt werden, abhängig von seiner Fracht und dem Gewässerzustand. Diese Vorgaben können von den Kantonen lokal für die Gewässer angepasst werden und werden sorgfältig überwacht.

#### 4.2.2. In Europa

Gemäss der *Kommunalen Abwasserrichtlinie* muss das Abwasser je nach Gebiet unterschiedlich gereinigt werden. Die Verordnung definiert drei Gebietsarten je nach Empfindlichkeit der Gewässer-ökosysteme. In den am wenigsten empfindlichen Gebieten kann das Abwasser nur eine Sedimentation durchlaufen. In normalen Gebieten muss das Abwasser einer sekundären Behandlung unterzogen werden, um die organischen Stoffe zu eliminieren. Schliesslich muss das Abwasser in empfindlichen Gebieten weitergehend behandelt werden. Ziel dieser weiteren Stufen ist üblicherweise die Eliminierung von Phosphor und Stickstoff (Miquel, 2003).

### 4.3. Klärschlamm

Der Klärschlamm ist eines der Nebenprodukte aus der Abwasserbehandlung. Er beinhaltet viele organische und mineralische Stoffe (u. a. Phosphor und Stickstoff). Deswegen ist der Klärschlamm für die Landwirtschaft als organischer Dünger von Interesse. In diesem Zusammenhang ist Phosphor von

spezieller Bedeutung, da er ein nicht erneuerbarer Rohstoff ist und eine zentrale Rolle für die Welternährung spielt. Die einfach und billig gewinnbaren Phosphorreserven gehen in nächster Zukunft zur Neige (Cordell *et al.*, 2009). Problematisch sind die organischen und anorganischen Verunreinigungen, die im Abwasser enthalten sind und in den Klärschlamm gelangen.

Es gibt verschiedene Entsorgungswege für den Klärschlamm, nämlich die thermische Behandlung (Verbrennung oder Vergasung), die Deponierung und die landwirtschaftliche Verwertung. Die privilegierte Entsorgungsweise hängt von der Gesetzgebung der Staaten ab.

#### 4.3.1. In der Schweiz

Gemäss der *Technischen Verordnung über Abfälle* (Sr 814.600, 10.12.1990) sollen seit 1996 alle brennbaren Abfälle, inklusive Klärschlamm, verbrannt werden, soweit sie nicht anders verwendet werden können. Es ist also nicht mehr möglich, den Klärschlamm zu deponieren. Zusätzlich ist es seit 2006 gemäss der *Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung* (ChemRRV, Anhang 2, 18.05.2005) verboten, den Klärschlamm als Düngemittel auf Landwirtschaftsflächen zu verwenden. Ausserdem muss der Klärschlamm lokal behandelt werden und darf nicht ausgeführt werden. Die einzige Lösung für die Klärschlamm Entsorgung liegt also in der Verbrennung. Gemäss der Richtlinie VU-3002-D (*Entsorgung von Abfällen in Zementwerken*, Oktober 2005), kann der Klärschlamm auch in den Zementwerken verwendet werden, entweder als Brennstoff- oder als Rohstoffersatz. Im Jahr 2006 wurden 10% des Klärschlammes als Düngemittel verwendet, 44% in industriellen Feuerungen und 22% in Kehrichtverbrennungsanlagen verbrannt und 23% durch die Zementwerke entsorgt (Hügi *et al.*, 2008).

Das Verbot der landwirtschaftlichen Klärschlammverwendung hat noch eine andere Schattenseite: Die potentielle Verwendung von Klärschlamm als Düngemittel erforderte die regelmässige Überwachung von dessen Schadstoffgehalten. Indirekt diente der Klärschlamm als ‚Passivsampler‘, der die durchschnittliche Belastung des Abwassers mit Schadstoffen repräsentiert. Damit bestand eine effektive Motivation, z. B. Schwermetallemissionen im Einzugsgebiet frühzeitig zu erkennen und zu mindern und damit Boden-, Gewässer- und Umweltbelastung zu reduzieren.

Nach der Verbrennung werden die Rückstände deponiert. Diese Schlacken aus Mono-Verbrennungen enthalten neben den anorganischen Schadstoffen auch eine beträchtliche Phosphormenge, die als Düngemittel verwendet werden könnte. Zurzeit ist das Phosphorrecycling aus Klärschlamm unwirtschaftlich, aber etliche Forschungsprojekte untersuchen dazu verschiedene technische Möglichkeiten. Ein Beispiel ist das ETH-Projekt (PHOSKRAFT®<sup>15</sup>).

Mit der Totalrevision der TVA (BAFU, 2011) soll die Rückgewinnung von Phosphor aus phosphorreichen Abfällen (Klärschlamm, Tiermehl, Knochenmehl) eingeführt werden (Vernehmlassung der TVA-Revision geplant für 2012).

#### 4.3.2. In Europa

In der Europäischen Union ist die Gesetzgebung bezüglich des Klärschlammes weniger einschränkend als in der Schweiz. Die europäische Richtlinie 86/278/EWG regelt die Verwendung von Klärschlamm

---

<sup>15</sup> Ph.D. Simone Nanzer. Institut für Pflanzen-, Tier- und Agrarökosystem-Wissenschaften

in der Landwirtschaft. Ziel dieser Richtlinie ist der Umweltschutz, besonders der Bodenschutz, wenn der Klärschlamm als Düngemittel in der Landwirtschaft eingesetzt wird. In Europa kann der Klärschlamm als Düngemittel verwendet werden, aber die Mitgliedstaaten müssen seine Verwendung regulieren. Die Richtlinie enthält Grenzwerte für die Konzentrationen von Schwermetallen in den Böden, im Klärschlamm und im Wasser. Die Mitgliedstaaten sind für die regelmässige Kontrolle der Schadstoffe in Boden und Klärschlamm verantwortlich.

Die Verwendung des Klärschlammes in der Landwirtschaft ist zusätzlich auch noch auf Mitgliedstaatenebene reguliert. In Deutschland ist es auf Bundesebene verboten, den Klärschlamm auf Gemüse-, Obstanbauflächen und Dauergrünland aufzubringen, und die Verwendung des Klärschlammes auf anderen Flächen ist streng reguliert (Klärschlammverordnung, 15.04.1992). Zusätzlich verbieten einige Bundesländer die Verwendung des Klärschlammes auf jeglichen Flächen. In Frankreich sieht die Situation anders aus: Klärschlamm wurde im Jahr 2000 überwiegend in der Landwirtschaft (50-60%) verwendet. Zusätzlich wurden noch 25% des Klärschlammes deponiert (Dudkowski, 2000), was ab 2002 verboten wurde. In Österreich ist es auch möglich, den Klärschlamm in der Landwirtschaft zu verwenden, aber der Anteil der landwirtschaftlichen Verwertung betrug im Jahr 2001 nur 15% der Gesamtmenge. Im Jahr 2001 wurden 31% des Klärschlammes verbrannt und 18% deponiert. Der Rest (36%) wurde unterschiedlich behandelt (Kompost, Landschaftsbau, Bauzuschlagstoff) (Kügler *et al.*, 2004).

## **5. Einfluss der europäischen Politik auf den schweizerischen Abwasserbereich**

Der Einfluss der europäischen Politik auf den schweizerischen Abwasserbereich ist in Joerin (2007) detailliert dargestellt. Die Schweiz hat im Gegensatz zu Norwegen, das auch nicht zur Europäischen Union gehört, die Wasserrahmenrichtlinie nicht angenommen. Deswegen hat die Schweiz keine Verpflichtung, der Wasserrahmenrichtlinie zu folgen. Trotzdem hat sie einen Einfluss auf die schweizerische Organisation im Abwasserbereich, weil sie die Schweiz zum Nachdenken über ihre Policy und Governance gedrängt hat (Joerin, 2007).

Andererseits hat die Wasserrahmenrichtlinie einen direkten Einfluss auf die Schweiz, weil die Mitgliedstaaten einen Flussgebietsplan erstellen müssen. In diesem Rahmen arbeitet die Schweiz innerhalb von internationalen Kommissionen mit den Mitgliedstaaten zusammen, um gemeinsame Massnahmen zu erarbeiten (Joerin, 2007).

### **5.1. Internationale Kommissionen**

Die Schweiz nimmt an verschiedenen Kommissionen teil, die für die internationalen Gewässer sorgen. Die wichtigsten sind die IGKB (Bodensee), die CIPEL (Genfersee), die IKSR (Rhein) und die CIPALS

(Italia/Schweiz)<sup>16</sup>. Diese Kommissionen managen die gemeinsamen Gewässer und machen Empfehlungen zu Händen der Mitgliedstaaten, um die Gewässerqualität zu verbessern. Die Mitgliedstaaten haben keine Verpflichtung, den Empfehlungen zu folgen. Trotzdem können diese eine Änderung des Gesetzes zur Folge haben (z. B. Verbot des Phosphats in Waschmitteln). Deswegen haben die internationalen Kommissionen einen bedeutenden Einfluss auf den schweizerischen Abwassersektor (Joerin, 2007).

## 5.2. (Integrales) Einzugsgebietsmanagement (IEM)

Das regionale Management auf Ebene von Einzugsgebieten ist eine neue Denkart in der Schweiz, die sich an die Wasserrahmenrichtlinie anlehnt. Bund und Kantone fördern im Moment Projekte zum sogenannten Integralen Einzugsgebietsmanagement (IEM). Diese umfassen mehrere Sektoren der Wasserwirtschaft (Wasserversorgung, Siedlungsentwässerung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) und werden auf ein, vorzugsweise hydrologisches, Einzugsgebiet ausgerichtet (Chaix and Wehse, 2007). Solche Projekte wurden schon durchgeführt (z. B. 3. Rhone-Korrektion, REP Zugersee), sie können aber auf Bundesebene noch auf keine gesetzlichen Grundlagen zum IEM zurückgreifen (Aschwanden, 2009). Dagegen hat das IEM in einigen Kantonen seine Rechtfertigung im kantonalen Gesetz (z. B. SPAGE in Genf) (Etat de Genève, 2010). IEM-Projekte werden durch die Wasseragenda21<sup>17</sup> gefördert. Wasseragenda21 ist ein Verein, mit dem Ziel, die Akteure in der Wasserwirtschaft zu unterstützen und die Zusammenarbeit zu koordinieren. In diesem Rahmen beschäftigt sich eine Kommission mit dem integralen Einzugsgebietsmanagement. Die Abwasserentsorgung kann von diesem neuen Vorstoss profitieren, entweder durch regionalen Projekte mit anderen Bereichen des Wassers (IEM). Aber auch die Organisation der Abwasserentsorgung auf regionalen Ebene (Einzugsgebietsmanagement = EM) ist für die Abwasserentsorgung interessant und sollte gefördert werden.

Potentiell steht mit dem Regionalen Entwässerungsplan (REP) eine Möglichkeit zur Verfügung, (I)EM-Planungen auszulösen (Chaix and Wehse, 2007). Jedoch fehlt eine gesetzliche Rechtfertigung auf Bundesebene (OECD, 2007). Obwohl die (I)EM-Projekte ein grösseres Einzugsgebiet beinhalten, werden sie nicht unbedingt die Organisationsstrukturen des Abwasserbereiches ändern, da viele Gemeinden und Kantone keine neue regionale Verwaltungsebene zwischen Kanton und Gemeinde wünschen. (I)EM-Projekte werden sich dann wahrscheinlich mehr durch eine Zusammenarbeit bestehender Organisationen als durch die Schaffung neuer Organisationen realisieren<sup>18</sup>. Noch sind aber nicht genügend Erfahrungen gemacht worden, um den Einfluss des IEM auf die Organisationsformen und -grösse vorherzusagen.

In einem VSA-Experten-Workshop hat sich klar gezeigt, dass die heutige gesetzliche Situation im Rahmen des IEM noch Unsicherheiten aufweist (Maurer, 2009). Die Umsetzung von integralen und/oder regionalen Massnahmen ist oftmals problematisch, weil die Planung oft auf kantonaler

---

<sup>16</sup> IGKB: Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee; CIPEL: Commission internationale pour la protection des eaux du Léman; IKSR: Internationale Kommission zum Schutz des Rheins; CIPAI: Commissione Internazionale per la protezione delle Acque Italo-Svizzere

<sup>17</sup> <http://wa21.ch/>

<sup>18</sup> Andreas Klinke, Eawag

Ebene erfolgt, aber die Massnahmen auf Gemeindeebene umgesetzt werden sollten. Eine weitere offene Frage ist die Finanzierung von integralen Lösungen. Dabei stellt insbesondere der Transfer von Geld über die politischen Grenzen und Sektoren hinweg ein Problem dar. Nur wenn beides möglich ist, können die nach ganzheitlichen Ansätzen definierten prioritären Massnahmen solidarisch im ganzen Einzugsgebiet umgesetzt werden. In diesem Bereich müssen sicherlich noch gesetzlich verankerte Lösungen gefunden werden, die auch politisch tragfähig sind.

## 6. Entwicklung der Governance

### 6.1. Regionalisierung

#### 6.1.1. In der Schweiz

Die Schweiz ist kleinräumig organisiert. Diese Organisation ermöglicht nicht immer die nötige Professionalisierung des Abwasserbereiches, was einen negativen Einfluss auf den langfristigen Gewässerschutz hat. Tatsächlich haben kleinere Gemeinden oft zu viele Aufgaben, von denen dann einige nicht oder unzulänglich wahrgenommen werden (Chaix *et al.*, 2008). Es wird geschätzt, dass 2,5% der Kläranlagen und 0,8% der Schweizer Gemeinden (38% der Bevölkerung) genügend gross sind, um eine eigene professionalisierte Führung der Siedlungsentwässerung zu haben. Dabei liegen die grössten Schwächen beim Infrastrukturmanagement, der Datenhaltung (z. B. Versickerungskataster), dem Bewilligungsverfahren (z. B. Liegenschaftsentwässerung), den Bauabnahmen und in der Kontrolle der Massnahmen. Fachkompetenzen bei der Planung und der Ausführung sind in der Schweiz in genügendem Masse vorhanden und können in der Privatwirtschaft ‚eingekauft‘ werden. Die Infrastruktur der Siedlungsentwässerung wird also oft von unqualifizierten Leuten geführt. Kleinräumige Organisationen haben oftmals mehr spezifische Kosten als grössere Organisationen.

In der Schweiz können grundsätzlich die folgenden Trends ausgemacht werden:

Gemeindefusionen<sup>19</sup>: Am 1. Januar 2010 gab es 2596 Gemeinden, 303 weniger als im Jahr 2000<sup>20</sup>. Dies führt dazu, dass die zu verwaltenden Einheiten grösser werden.

Kläranlagenfusionierung: Im Allgemeinen kann ein Trend zum physischen Zusammenschluss von Kläranlagen erkannt werden. Dies hat einerseits mit den gestiegenen Anforderungen an die Reinigungsleistung und an den Betrieb zu tun. Andererseits stellen Auflagen des Arbeitsrechts und der Suva kleinere Anlagen vor ein Personalproblem, insbesondere beim Pikettdienst. Grössere Anlagen bieten auch mehr absolute Leistungsreserven, weisen bessere Reinigungsleistungen auf und sind oft spezifisch billiger. Grössere Einzugsgebiete haben einen positiven Einfluss auf die Zusammenarbeit.

---

<sup>19</sup> Eckhard Störmer, Eawag

<sup>20</sup> Bundesamt für Statistik  
[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/institutionelle\\_gliederungen/01b.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/institutionelle_gliederungen/01b.html)

Zusammenschluss oder Auslagerung von Betrieb und Unterhalt: Diese organisatorischen Massnahmen zielen darauf ab, den Betrieb, aber nicht die Anlagen zu vergrössern. Das kann von einer intensiveren Zusammenarbeit bis zum Privatisieren des Betriebes gehen.

Regionale Planungsansätze: Dazu gehört der ‚Massnahmenplan Wasser‘ im Kanton Zürich (AWEL, 2011) und das Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung der Kantone Bern und Solothurn.

Integrales Einzugsgebietsmanagement (IEM): Es gibt derzeit in der Schweiz einen Trend in Richtung Regionalisierung des gesamten Wasserwirtschaftsbereiches durch das Integrale Einzugsgebietsmanagement. Das IEM soll in Zukunft häufiger werden und könnte durch die REP auf kantonaler Ebene gefördert werden. Ausserdem empfiehlt das neue GEP-Musterpflichtenheft des VSA ein Einzugsgebietsmanagement auf Kläranlagenebene für den Abwasserbereich. Die Vorteile eines solchen Managements sind die Verminderung der Kosten sowie die Wirksamkeit der Organisation durch die Professionalisierung.

Interessanterweise ist die vertikale Integration (‚von der Hausmauer bis zum Gewässer‘) kaum ein Thema in der Schweiz. Ausser der Abwasser-Uri-AG<sup>21</sup>, bei der eine Organisation die gesamten öffentlichen Anlagen übernimmt und für alle abwasserrelevanten Aufgaben verantwortlich ist, sind uns keine weiteren Beispiele bekannt.

### 6.1.2. In Europa

Die Planungsstrukturen sind bereits durch die Wasserrahmenrichtlinie auf Einzugsgebietsebene organisiert. Auch ohne Wasserrahmenrichtlinie sind die Organisationsstrukturen in Europa bedeutend grösser als in der Schweiz (Chaix *et al.*, 2008). Ausserdem gibt es einen Trend in mehreren Ländern, noch grössere Strukturen zu fördern und in grossräumigen Einzugsgebieten zu planen. Dies ist in Deutschland der Fall, wo die neue Reform unter anderem eine bessere Kooperation zwischen den Organisationen bezweckt. In Italien gab es ebenfalls einen Trend in Richtung Regionalisierung, der sich im Galli-Gesetz und den daraus entstandenen ATO manifestiert (UCL *et al.*, 2004).

## 6.2. Liberalisierung/Privatisierung

### 6.2.1. In der Schweiz

Bezüglich Privatisierung muss man zwischen Besitz, Organisation und Betrieb unterscheiden. Der Besitz der Abwasserinfrastruktur liegt in öffentlichen Händen und es gibt keine Tendenz, diese zu privatisieren (Chaix *et al.*, 2008). Es ist wenig wahrscheinlich, dass sich diese Situation in der Zukunft substantiell verändern wird: Einerseits ist der Markt zu klein und bietet nur geringe ökonomische Anreize für private Firmen. Andererseits möchten Behörden und Bevölkerung nicht, dass der Abwasserbereich in private Hände fällt, weil sie eine Erhöhung der Kosten und eine Verminderung der Leistungen befürchten. In einigen kantonalen Gesetzen ist auch festgelegt, dass der Wasserbereich (Trinkwasser und Abwasser) in öffentlichen Händen bleiben muss (Allouche *et al.*, 2008).

---

<sup>21</sup> [www.abwasser-uri.ch](http://www.abwasser-uri.ch)

Der Betrieb der Infrastruktur könnte dagegen an private Unternehmen oder andere Organisationen delegiert werden. Im Kanton Bern z. B. betreibt die ARA Bern die kleineren ARA der angrenzenden Gemeinden. Obwohl es in der Schweiz noch nicht oft beobachtet wird, wäre es ebenfalls möglich, den Betrieb an private Unternehmen zu delegieren<sup>22</sup>. Beispiele dazu gibt es im Kanton Solothurn, wo mehrere kleine Kläranlagen von einem privaten Ingenieurbüro betrieben werden.

In den letzten Jahren wurden andere Bereiche, z. B. Strom oder Telefon, teilweise oder völlig liberalisiert. Gemäss einigen Autoren haben diese Prozesse die negative Einstellung gegenüber einer Liberalisierung des Abwasserbereichs noch verstärkt (Allouche *et al.*, 2008).

### 6.2.2. In Europa

Die europäischen Verträge sind bezüglich der Liberalisierung des Wassersektors neutral. Sie überlassen den Ländern die Verantwortlichkeit, den Wasserdienst zu organisieren. Die Frage der Liberalisierung des Wasserbereichs wurde oft gestellt, weil sie zahlreiche Konflikte erzeugt. Einerseits sagen die Anhänger der Liberalisierung, dass es die Wirksamkeit der Führung verbessern würde. Andererseits fürchten die Kritiker eine Verminderung der Leistungen. Der Trend, dem Wasserbereich eine grössere Autonomie zuzuschreiben, wird durch einen starken sozialen Druck gegen die Liberalisierung ausgeglichen. Auch in Europa hatte die Liberalisierung anderer Bereiche (Strom und Gas) wenig Einfluss auf den Liberalisierungsprozess im Wasserbereich (Allouche *et al.*, 2008). Zusätzlich stösst sich die Liberalisierung an einem natürlichen Monopol für die Kanalisation und an technischen und ökonomischen Schwierigkeiten für die Abwasserreinigung (Schönbäck *et al.*, 2003-2004; Allouche *et al.*, 2008).

Eine besondere Form der Privatisierung hat in Form des Cross-Border-Leasings stattgefunden. Dabei wurde der Besitz von Infrastrukturen, v.a. in Deutschland und Österreich, mit langfristigen Verträgen an branchenfremde ausländische Investoren übertragen. Betrieb und Unterhalt verbleiben in der Pflicht der Gemeinden. Aufgrund der unklaren Verantwortungen sind Sanierung und Ausbau der geleasteten Infrastruktur nur schwierig finanzierbar. In der Schweiz ist für den Bereich Siedlungswasserwirtschaft nur der Fall der Wasserversorgung Zürich bekannt.

In der Europäischen Union sind 45% der Wasserwirtschaft privatisiert (Chaix *et al.*, 2008), aber dieser Anteil ist von Staat zu Staat sehr unterschiedlich. In England ist der Abwasserbereich seit 1989 vollständig privatisiert und die Infrastruktur liegt in privaten Händen. In Frankreich ist die Infrastruktur in öffentlichem Besitz, aber der Betrieb wird oft durch private Unternehmen geführt. In Österreich ist der öffentliche Betrieb die häufigste Organisationsform und es gibt keinen Trend in Richtung der Liberalisierung. In Italien gibt es einen Trend in Richtung Liberalisierung und der Markt wird durch wenige Unternehmen beherrscht (UCL *et al.*, 2004).

---

<sup>22</sup> Eckhard Störmer, Eawag

## 7. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen

Im Abwasserbereich gibt es einen verstärkten Druck in Richtung Professionalisierung auf allen Ebenen. Einerseits ist die Kontrolle einiger Kantone strikter und andererseits ist der Druck auf die die Finanzen stärker. Dazu kommt, dass verglichen mit dem Aufbau das langfristige Management der Infrastrukturen erhöhte Anforderungen an die lokalen Verwaltungen stellt. Professionelle Strukturen sind von zentraler Bedeutung, um den Service Public im Wasserbereich weiterhin auf hohem Niveau kostengünstig anbieten zu können.

Besonders das Management der kommunalen Infrastrukturen hat in diesem Zusammenhang eine wichtige Bedeutung. Dieses sollte daher prioritär auf nationalem Niveau gefördert werden. Dass der Aufwand dazu nicht überwältigend gross sein muss, zeigen Beispiele aus anderen Ländern (Gianella and Maurer, 2006). Erleichternd kommt in der Schweiz noch hinzu, dass hier bereits viele Erfahrungen und Ressourcen verfügbar sind. Allerdings muss der Wille, angepasste Lösungen zu finden und diese umzusetzen, auf allen Stufen bis hin zum einzelnen Bürger vorhanden sein oder dann geschaffen werden.

Eine gesamte Liberalisierung des Abwasserbereichs ist in der Schweiz wenig wahrscheinlich. Die Anlagen werden wahrscheinlich auch in Zukunft in öffentlicher Hand bleiben, weil der Markt zu klein und zu fragmentiert ist. Trotzdem sind Wechsel der Organisationsformen und Regionalisierungen zu erwarten. Wie stark sich dieser Trend entwickelt, hängt stark davon ab, wie die Kantone ihre Aufsichtspflicht wahrnehmen und wie stark sie die korrekte Umsetzung der Gesetzgebung auf lokaler Ebene kontrollieren.

Im Bereich des (integralen) Einzugsgebietsmanagement (IEM) gibt es trotz vielversprechenden Ansätzen noch eine Reihe von Unsicherheiten. Dazu gehören die fehlende gesetzliche Grundlage auf nationaler Ebene, fehlende Lösungen zur Finanzierung von regionalen und/oder integralen Lösungen über die politischen Grenzen und Sektoren hinweg und die unklaren Verantwortlichkeiten bei der Umsetzung der Planungsvorgaben. Diese müssen gelöst werden, falls das IEM eine praktische Bedeutung erhalten soll. Ein Modell analog zu Italien (ATO) oder Frankreich (Agence de l'Eau) könnte angestrebt werden.

Auf nationaler Ebene können die folgenden *Empfehlungen* gemacht werden. Die Auflistung impliziert keine Bewertung oder Priorisierung:

*Organisationsform und -grösse:* Laut fachtechnischen Kreisen besteht die Forderung nach grösseren Organisationseinheiten. Wenig dokumentierte Daten sind vorhanden, die diese empirisch gestützten Beobachtungen belegen. Ebenfalls offen ist, welche Grösse und Organisationsform unter den gegebenen schweizerischen Bedingungen besonders effizient und effektiv ist. Weitere unbekannte Faktoren sind die Synergien von horizontalen (verschiedene Infrastrukturen) oder vertikalen („von der Hausmauer zum Gewässer“) Integrationen.

P-1: Es sollte untersucht werden, wie die Abwasserentsorgung optimal organisiert werden kann. Dabei gilt es, die Dimensionen (i) vertikale Integration, (ii) horizontale Integration, (iii) Grösse (iv) räumliche Konsolidierung und (v) Organisationsform zu berücksichtigen.

*(Integrales) Einzugsgebietsmanagement:* 2011 trat das neue Gewässerschutzgesetz in Kraft. Dieses neue Gesetz hat keinen direkten Einfluss auf den Abwasserbereich, fordert aber eine integrale Planung auf Einzugsgebietsebene im Rahmen der Renaturierung der Gewässer. Diese Projekte können als Beispiel für IEM-Projekte oder EM-Projekte dienen. Es wird erwartet, dass das IEM und regionale Projekte in Zukunft häufiger werden. Relevanter als ein integrales Management der gesamten Wasserressourcen (IEM) ist für die Abwasserentsorgung eher das regionale Management der Abwasserentsorgung und -reinigung im Einzugsgebiet (EM).

P-2a: Es sollten messbare Zielgrössen definiert werden, welche die unterschiedlichen Massnahmen zum (Integrierten) Einzugsgebietsmanagement quantifizieren, bewerten und über Kantonsgrenzen hinweg vergleichbar machen. Dies schafft die Voraussetzungen, um Defizite zu identifizieren, den Aufwand-Nutzen zu quantifizieren und den Erfolg bei der Umsetzung in der gesamten Schweiz zu erheben.

P-2b: Für Einzugsgebiets-Management Projekte sollte eine vergleichende Erfolgskontrolle gemacht werden.

*Vorgaben für die Gesamtleistung der Siedlungsentwässerung:* Obwohl es in der Schweiz, ähnlich wie in Europa, Zielvorgaben für die Gewässer gibt, sind Vorgaben für das Gesamtsystem Siedlungsentwässerung nicht üblich, weil schwierig. Vorgaben für Kläranlagen, Anschlussgrad und Mischwasserentlastungen sind oftmals nicht koordiniert und werden unabhängig voneinander verhängt. Ebenfalls fehlt an vielen Orten die Überprüfung von Fehlanschlüssen, Fehlkonstruktionen und Betriebsstörungen. Verbindliche Vorgaben für das Gesamtsystem Siedlungsentwässerung fördern die Zusammenarbeit im Einzugsgebiet.

P-3: Es sollten Leistungsvorgaben für die gesamte Siedlungsentwässerung und Methoden für deren Überwachung entwickelt und eingeführt werden.

*Mikroverunreinigungen:* Eine Regelung zur Behandlung von Mikroverunreinigungen wird in den nächsten Jahren definiert. Zurzeit sind die Finanzierung und die Verteilung der Kosten noch unklar. Ausserdem muss die Regulierung flexibel bleiben, um neue Schadstoffe beachten zu können.

P-4: Die Einführung neuer Technologien und die Überwachung der Leistungen sollte national geführt und begleitet werden. Auf diese Weise können Fehlinvestitionen minimiert und die Nutzung von Erfahrungen maximiert werden.

*Förderung von Infrastrukturmanagement:* Auf nationaler und kantonaler Ebene existieren Defizite im Bereich der Rahmenbedingungen auf politisch-strategischer Ebene: fehlende einheitliche und einfache Vorgaben, Richtlinien und Hilfsmittel für die Finanzplanung, die erfolgreiche Gestaltung von Planungs- und Führungsprozessen sowie die Definition von Leistungsvorgaben zur erfolgreichen Bewirtschaftung der Anlagen. Zudem können auch fehlende Anreizsysteme für die Schaffung

effizienterer Einheiten sowie ein geringes Ausbildungs- und Weiterbildungsangebot für Entscheidungsträger als Defizite aufgeführt werden.

P-5: Es sollten auf kantonaler und nationaler Ebene Anreize zur Förderung des Infrastrukturmanagements geschaffen werden:

- Entwicklung von Grundlagen, Hilfsmitteln und Strategien für den kommunalen Aufbau von zielorientierten Managementsystemen.
- Entwicklung von Richtlinien, Leistungsvorgaben und Hilfsmitteln für die Erfolgskontrolle.
- Aufbau von Weiterbildungsangeboten und verstärkte Kommunikation.

*Nährstoff-Recycling:* Die Abwasserreinigung stellt heute für essentielle Nährstoffe (v.a. Phosphor, Stickstoff, Kalium und Schwefel) eine Senke dar. Insbesondere für Phosphor deutet sich ein politischer Druck an, die endlichen Reserven mittels Recycling zu schonen. In diesem Zusammenhang wäre eine gesamtschweizerische Strategie vorteilhaft.

P-6: Es sollten Strategien ausgearbeitet werden, wie in der Schweiz die Abwasserentsorgung vermehrt als Nährstoffquelle (Phosphor, Stickstoff, Kalium) genutzt werden kann.

*Kostentransparenz:* Die Bürger verlangen mehr Transparenz in der öffentlichen Verwaltung. Die Leistungen der Siedlungsentwässerung werden kaum dargelegt. Während dies für die Kläranlagen relativ einfach zu erreichen wäre, müssen für die Kanalisation noch Leistungskennzahlen entwickelt werden.

P-7: Für den Betrieb der Abwasserinfrastrukturen sollen Leistungskennzahlen entwickelt und veröffentlicht werden.

- Die kantonalen *Gesetzgebungen über die Finanzierung* in den Gemeinden sind sehr unterschiedlich. Eine gute Finanzierung spielt für die Planung der Infrastruktur eine wichtige Rolle als Lenkungsinstrument.

P-8: Es sollte ein Übersicht über die Finanzierung und die Lenkungsinstrument geschaffen und deren Effektivität und Effizienz untersucht werden. Daraus sollten Mindestvorgaben abgeleitet werden können.

- Der Abwasserbereich hat nur schwach ausgebildete Fähigkeiten, aktiv mit den Medien und den nicht-technischen Stakeholdern zu kommunizieren.

P-9: Es sollten spezifische Kommunikationskonzepte für Politiker, Industrie, Forschungseinrichtungen, Betreiber, Behörden und Bevölkerung für den Bereich Abwasser entwickelt und implementiert werden.

*Die Hausanschlüsse* werden heute trotz ihrer Wichtigkeit für das Funktionieren der Abwasserentsorgung noch kaum kontrolliert. Manchmal wissen die Gemeinden nicht einmal, wo die Hausanschlüsse sind und Sanierungen werden nur bei offensichtlichen Betriebsproblemen durchgeführt.

P-10: Auf Gemeindeebene sollten organisatorische Massnahmen getroffen werden, um die Hausanschlüsse (inkl. Liegenschaftsentwässerung) zu kontrollieren und den Besitzer zu verpflichten, defekte Hausanschlüsse zu ersetzen/sanieren.

## 8. Referenzen und Quellen

- Allouche, J., Finger, M., Luis-Manso, P. (2008). "Water sector evolution scenarios: the case of Europe." *Water Policy* **10**(3): 221-238.
- Aschwanden, H., Pfaundler, M. (2009). "Einzugsgebietsmanagement und Integrale Wasserwirtschaft. Entwicklung aus nationaler Sicht." *Gas, Wasser, Abwasser (GWA)* **3/2009**: 163-171.
- AWEL (2011). Massnahmenpläne & Leitbilder, <http://www.awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/wasserwirtschaft/massnahmenplan.html>
- BAFU (2011). TVA-Revision – Normkonzept. Bundesamt für Umwelt. Abteilung Boden. Mai 2011
- BG (2003). Kosten der Abwasserentsorgung. BG Ingenieure im Auftrag des BAFU.
- Chaix, O., Schweizer, J. et al. (2008). Proposition de réforme de l'organisation de l'assainissement en Suisse. Bern, BG, Ingénieurs conseils.
- Chaix, O., Wehse, H. (2007). Beschreibung und Analyse von Fallbeispielen zum integralen Einzugsgebiets-Management (IEM). BAFU.
- Cordell, D., Drangert, J. O. (2009). "The story of phosphorus: Global food security and food for thought." *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* **19**(2): 292-305.
- Dudkowski, A. (2000). L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines. INRA, France.
- Ernst Basler + Partner (2007). Wasserwirtschaft Schweiz 2025. Bericht im Auftrag des BAFU.
- Etat de Genève (2010). SPAGE: Outil cantonal de gestion intégrée des eaux par bassin versant. Département de l'intérieur et de la mobilité.
- Gianella, S., Maurer, M. (2006). "Management kommunaler Infrastrukturen: Eine Standortbestimmung im internationalen Umfeld für den Wasser- und Abwassersektor." *Gas, Wasser, Abwasser (GWA)* **2006 (9)**: 733-742.
- Glättli, E. (2007). Mehr Demokratie für die Zweckverbände. *Die Gemeinde*, Sep/07, 34-36.
- Hügi, M., Gerber, P. et al. (2008). Abfallwirtschaftsbericht 2008: Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft 2005–2007. BAFU.
- Joerin, C. (2007). Influence du contexte international sur la gestion des eaux en Suisse. BAFU.
- Europäische Kommission (2010). Pressemitteilung: Umwelt Abwasserbehandlung. Die Europäische Kommission fordert hohe Geldstrafen für Belgien; erneute Verwarnung Luxemburgs.
- Kügler, I., Öhlinger, A. et al. (2004). Dezentrale Klärschlammverbrennung. Umweltbundesamt, Österreich.

- Maurer, M. (2009). "Ganzheitliches Einzugsgebietsmanagement (GEM) - Schlussfolgerungen aus dem Expertenworkshop vom 1.-3. Oktober 2008 in Emmetten." Gas, Wasser, Abwasser (GWA) **2009(3)**: 197-202.
- Maurer, M., Herlyn, A. (2006). Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung. Eawag.
- Miquel, G. (2003). RAPPORT sur «la qualité de l'eau et de l'assainissement en France». Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, France.
- Müller, E. (2007). Als die Bäche noch schäumten. Fokus, <http://www.bafu.admin.ch>.
- OECD (2007). Umweltprüfberichte SCHWEIZ.
- Schluep, M., Thomann, M. et al. (2006). Organische Mikroverunreinigungen und Nährstoffe. BAFU.
- Schönbäck, W., Opolzer, G. et al. (2004). Internationaler Vergleich der Siedlungswasserwirtschaft. Informationen zur Umweltpolitik, Österreichische Bundesarbeiterkammer, Österreichischer Städtebund.
- Stadt-Anzeiger (2009). Neu eine Interkommunale Anstalt. Glattburg. **35**: 7.
- UCL, IHE, et al. (2004). Analysis of the Legislation and Emerging Regulation at the EU Country Level, EUROMARKET.
- VanDenBerg, C. (1997). "Water Privatization and Regulation in England and Wales." World Bank Group.
- Worch, H., Klinke, A. (2009). "Governance in der schweizerischen Abwasserwirtschaft." Gas, Wasser, Abwasser (GWA) **3/2009**: 173-178.

### **8.1. Persönliche Mitteilungen**

- Olivier Chaix, Telefongespräch vom 11.11.2010, BG Ingenieure & Berater, avenue de Châtelaine 81 bis, 1219 Châtelaine-Genève.
- Stefan Hasler, Telefongespräch vom 05.11.2010, Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern, Reiterstrasse 11, 3011 Bern.
- Andreas Klinke, Gespräch vom 14.12.2010, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Eva Lieberherr, Gespräch vom 08.12.2010, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Eckhard Störmer, Gespräch vom 15.12.2010, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Stefan Vollenweider, Gespräch vom 01.12.2010, Wasseragenda21, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf



# Abwasserentsorgung 2025

## 2 Wirtschaftliche Bedeutung

Philipp Stauer und Max Maurer  
Dübendorf, August 2012



# Inhalt

Zusammenfassung .....	- 77 -
1. Einleitung .....	- 78 -
2. Wert der Abwasserinfrastruktur .....	- 78 -
3. Kosten der Abwasserentsorgung .....	- 79 -
4. Abwassergebühren.....	- 82 -
5. Investitionsbedarf und strategische Planung.....	- 85 -
6. Entwicklung der Kosten und Gebühren .....	- 89 -
7. Gesamtwirtschaftliche Bedeutung .....	- 95 -
8. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen .....	- 100 -
9. Referenzen und Quellen.....	- 104 -

**Berichtsexperten Eawag:** Bernhard Truffer, Max Maurer

**Titelfoto:** Neben der Baustelle (Egg, ZH)

## Zusammenfassung

Die ökonomische Bedeutung der Abwasserentsorgung beschränkt sich nicht auf die Sammlung, den Transport und die Reinigung von Schmutz- und Regenwasser. Neben den primären Schutzziele des Überflutungsschutzes und der Gesundheitsvorsorge werden umfangreiche Leistungen zum Erhalt der Umwelt erbracht. Diese schlagen sich nicht nur in vorteilhaften Bedingungen zur Trinkwasserversorgung nieder. Durch die geordnete Abwasserentsorgung werden weitere anspruchsvolle Gewässernutzungen möglich wie Freizeitnutzungen, Baden, Bewässerung etc. Die Leistungen der dazu nötigen umfangreichen Infrastrukturen und Dienstleistungen finden jedoch nur selten ihren Weg in die öffentliche Wahrnehmung und sind für die Schweiz nicht quantifiziert.

Neuere Schätzungen [VSA, 2011] beziffern den Wert der öffentlichen Kanalisationen auf 66 Mrd. CHF und jenen der Abwasserreinigung auf 14 Mrd. CHF. Hinzu kommen etwa 34 – 40 Mrd. CHF für die private Grundstücks- und Liegenschaftsentwässerung [Maurer und Herlyn, 2006] und rund 2 – 4 Mrd. für die gewerblich-industriellen Anlagen. Die Jahreskosten (Bau, Betrieb und Unterhalt) der öffentlichen Abwasserentsorgung werden auf 2.2 Mrd. CHF pro Jahr geschätzt [VSA, 2011]. Davon werden 1.2 Mrd. CHF für die Kanalisation und 1.0 Mrd. CHF für die Abwasserreinigung aufgewendet. Auf die Kapitalkosten entfallen davon insgesamt mehr als 60% [VSA, 2011]. Der Wertverzehr für die privaten Anlagen wird auf rund 1.0 – 1.2 Mrd. CHF pro Jahr geschätzt. Damit betragen die Gesamtkosten der Abwasserentsorgung 3.2 Mrd. CHF pro Jahr (ohne Verzinsung des investierten Kapitals).

Bezogen auf den Wiederbeschaffungswert der Abwasseranlagen suggerieren die derzeitigen Brutto-Investitionssummen, dass momentan der Wertverzehr nicht durch die Reinvestitionen ausgeglichen wird [BDEW, 2010]. Gleichzeitig stehen Investitionen für den Ausbau der Abwasserreinigung zur Elimination von Mikroverunreinigungen in der Höhe von ca. 1.2 Mrd. CHF und Anpassungsmassnahmen für eine steigende Bevölkerungszahl zur Diskussion [Abegglen et al., 2011; Moser et al., 2009]. Die daraus resultierende Entwicklung der Gesamtkosten hängt stark von verfügbaren Rücklagen und den Finanzierungsmodellen ab. Unter Berücksichtigung des Bevölkerungszuwachses, der ansteigenden Gewässerschutzanforderungen und eines etwaigen Fremdkapitalbedarfs ergeben sich Kostensteigerungen für die Abwasserreinigung von 15% bis 54%. Für die Siedlungsentwässerungen konnten keine Abschätzungen gefunden werden.

Eine Steigerung der Gesamtkosten wirkt sich nicht automatisch proportional auf die Gebührenhöhe aus. Wie stark sich der Ausbau der ARAs auf die Gebühren auswirken wird, hängt von dem Finanzierungsmodell ab. Die Folgen einer Bevölkerungszunahme sind ebenfalls nicht zwingend gebührenwirksam, weil sich die Anzahl der Gebührenzahler erhöht. Im Hinblick auf die Reinvestitionen werden die langfristige strategische Planung und die ggf. verfügbaren Rücklagen für den Werterhalt massgeblich die Kosten- und Gebührenentwicklung vorgeben. Dieser Zusammenhang macht deutlich, dass die strategische Planung und die Entscheidungsfindung grossen Einfluss auf die Gebühren- und Kostenentwicklung haben [Gianella und Maurer, 2006]. In einigen Ländern wird bei der Entscheidungsfindung die Kostenvergleichsrechnung durch eine ökologische Kosten-Nutzen-Analyse ergänzt. Dabei werden neben den betriebswirtschaftlichen Kostenbetrachtungen ebenfalls die externen Umweltkosten und der Nutzen von Umweltleistungen quantifiziert [Kahn, 1998; OFWAT, 2004; UKWIR, 2007].

Der Bericht diskutiert den derzeitigen verfügbaren Kenntnisstand, verdeutlicht Entwicklungstendenzen und gibt Empfehlungen für das weitere Vorgehen ab.

# 1. Einleitung

Die ökonomische Bedeutung der Abwasserentsorgung setzt sich aus den Leistungen (Nutzen) für Wirtschaft und Gesellschaft und den Kosten für Bau, Betrieb und Erhalt der Kanalisationen und Abwasserreinigungsanlagen zusammen.

Die zentralen Abwasserentsorgungssysteme sind kapitalintensiv und besitzen lange Nutzungsdauern. Dies hat auf der einen Seite zur Folge, dass sich der Wertverzehr über lange Zeit erstrecken kann und sich die Annuitäten reduzieren lassen. Auf der anderen Seite sind die Auswirkungen und Unsicherheiten der langen Planungshorizonte auf die effektive Lebensdauer und damit Kosten kaum abschätzbar. Wandelnde Faktoren sind z. B. die gesetzlichen Anforderungen zum Gewässerschutz, die Bevölkerungsentwicklung, Zahlungsbereitschaft und der Klimawandel. Vor dem Hintergrund, dass in Zukunft kontinuierlich beträchtliche Summen in die Substanz der Abwasserentsorgungsinfrastruktur reinvestiert werden müssen, ist es wichtig, die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu beschreiben bzw. die Folgen des Wandels zu antizipieren.

## 2. Wert der Abwasserinfrastruktur

### 2.1. Situationsüberblick

*An die zentrale, öffentliche Abwasserentsorgung bzw. an eine Kanalisation mit einer Gesamtlänge von etwa 49'000 km sind ca. 96,7% der Bevölkerung angeschlossen. Etwa 4'000 ARA behandeln 1'400 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser pro Jahr. Der kleinere Teil der Anlagen (839 ARA) besitzen Reinigungskapazitäten von mehr als 100 EW<sup>1</sup>, während es mehr als 3'000 Kleinkläranlagen < 100 EW gibt, die auch in privater Hand liegen können. Insgesamt belaufen sich die Dimensionierungswerte aller ARA auf 15,5 Mio. EW. Die Hauptlast der hydraulischen und stofflichen Fracht fällt in den städtischen Zentren an. Lediglich 74 ARA, das sind 9% der Anlagen > 100 EW, mit einer Ausbaugrösse von mehr als 50'000 EW realisieren mehr als 53% der gesamten Kohlenstoffelimination sowie jeweils 52% der Elimination der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor [VSA, 2011]. Weitere Informationen zum Stand der Abwasserentsorgung in der Schweiz sind den Modulberichten „Infrastruktur des Abwassersystems“ und „Abwasseranfall und Abwasserfracht“ zu entnehmen.*

### 2.2. Wertermittlung der Abwasserinfrastruktur

Die vorliegenden Zahlen zum Wiederbeschaffungswert<sup>2</sup> basieren auf Schätzungen bzw. Hochrechnungen aus Umfragen [Maurer und Herlyn, 2006, 2007a, 2007b]. Aus der Aufschlüsselung in Tabelle

---

<sup>1</sup> Der Einwohnergleichwert beschreibt die durchschnittliche Schmutzfracht einer Person. Damit ist es möglich, die Gesamtzu- lauffracht aus Industrie, Gewerbe und privaten Haushaltungen auf eine fiktive Einwohnerzahl zu beziehen. Diese fiktive Zahl wird Einwohnerwert (EW) genannt.

<sup>2</sup> Der Wiederbeschaffungswert gibt die Erstellungskosten zum aktuellen Preisniveau wieder und bildet die Grundlage für die kalkulatorischen Kosten. Die Analyse des Wiederbeschaffungswertes hat seine Berechtigung, weil er die Vergleichbarkeit un-

1 wird deutlich, dass für die Wiederbeschaffung der öffentlichen Abwasserinfrastruktur Aufwendungen in der Höhe von 80 Mrd. CHF erforderlich wären. Davon entfallen 82,5% auf die Investitionskosten-intensive Abwasserableitung und nur 17,5% auf den Bau und Ausbau der Abwasserreinigung.

Tabelle 1: Wiederbeschaffungswerte (Mrd. CHF) Schweizer Abwasseranlagen sowie deren Nutzungsdauer<sup>3</sup>.  
\* >100 EW, \*\* > 500 EW.

<b>Wiederbeschaffungswerte (Mrd. CHF)</b>				
	<b>VSA/KI*</b> [VSA, 2011]	<b>Eawag**</b> [Maurer und Herlyn, 2006]	<b>NFP54</b> <b>[Schal-</b> <b>cher et</b> <b>al., 2011]</b>	<b>Nutzungsdauer</b>
<i>ARA</i>	14	10.1	10.2	33 a
<i>Kanalisation</i>	66	55.2	55.2	80 a
<b>Gesamt</b>	<b>80</b>	<b>65.3</b>	<b>65.4</b>	
private Grundstücks- und Liegen- schaftsentwässerungsanlagen		34.2	40.4	40 a
Gewerblich-industrielle Behand- lungsanlagen			2.0	15 a

Neben der öffentlichen Abwasserinfrastruktur wurden ebenfalls erhebliche private Investitionen zur Sammlung, zum Transport und zur Behandlung von Abwasser getätigt. Hervorzuheben sind die privaten Liegenschafts- und Grundstücksentwässerungsanlagen mit einer Länge von mindestens 42'000 km und rund 1,7 Mio. Hausanschlüssen [2] sowie die Industrieabwasserbehandlung. Im Bereich der Liegenschaften werden die Anschlussinvestitionen auf 34.2 bis 40.4 Mrd. CHF geschätzt [Maurer und Herlyn, 2006], [Schalcher et al., 2011]. Aus den Kosten der Industrieabwasserbehandlung lässt sich der Wiederbeschaffungswert des gewerblich-industriellen Sektors auf 2 bis 4 Mrd. CHF hochrechnen<sup>4</sup>.

### 3. Kosten der Abwasserentsorgung

Die Jahreskosten der öffentlichen Abwasseranlagen wurden in der VSA-Umfrage 2010 mit 2.2 Mrd. CHF angegeben. Diese Kosten enthalten keine Verwaltungskosten von Bund und Kantonen. Dieser aktuelle Wert liegt über den früheren Schätzungen von 2 Mrd. CHF [BAFU, 2009] und 1.6 Mrd. CHF [Maurer und Herlyn, 2006]. Daraus ist nicht zwingend eine Steigerung der Kosten abzuleiten, weil die neue Hochrechnung auf einer deutlich breiteren Datenbasis beruht. Von den Jahreskosten entfallen 1 Mrd. CHF (45 %) auf die Abwasserreinigung und 1.2 Mrd. CHF (55 %) auf die Siedlungsentwässerung. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Kosten der Abwasserentsorgung aus mehreren Quellen. Die Abschätzungen des VSA/KI [VSA, 2011] und Moser [Moser et al., 2010] liegen mit 2.1 bis 2.2 Mrd.

abhängig von den Abschreibemodalitäten, Subventionen und der Preisentwicklung herstellt. Die Restbuchwerte in der Anlagebuchhaltung hingegen unterliegen diesen Einschränkungen.

<sup>3</sup> Diese pauschalen Nutzungsdauern sind Indikatoren und werden für die Berechnung der kalkulatorischen Kapitalkosten verwendet.

<sup>4</sup> Basisdaten: Gesamtkosten Industrieabwasserbehandlung (ohne Leichtstoff- und Fettabscheider o.ä.): 61 Mio. CHF [Palm, 2006], 5% Zinssatz, Kapitalkosten 50% der Gesamtkosten, 50% des Wiederbeschaffungswertes zur Berechnung der kalkulatorischen Kosten

CHF in einem sehr ähnlichen Bereich, weil sie zum Teil auf eine ähnlich gelagerte Datenbasis zurückgreifen.

Auffallend ist, dass die Eidgenössische Finanzverwaltung [BfS, 2011] die Ausgaben der Abwasserwirtschaft im Jahr 2008 mit 1.7 Mrd. Franken angibt. Diese Zahlen beinhalten gemäss Aussagen der Finanzverwaltung<sup>5</sup> die Verwaltungskosten von Bund und Kantonen, aber nicht die Kosten der Abwasserreinigungsanlagen und Schlammbehandlung. Diese gehören gemäss internationaler Definition nicht zu den öffentlichen Umweltausgaben<sup>6</sup>.

Aus den Angaben des Preisüberwachers [EVD, 2011] lassen sich nur die Abwasserentsorgungskosten auf Basis der personenbezogenen Verbrauchszahlen schätzen<sup>7</sup>. Auf Basis eines Verbrauchs von 290 L/E/d für private Haushalte, Gewerbe und Industrie ergeben sich Gebühren von 1.570 Mrd. CHF, wovon rund 870 Mio. CHF auf die Benutzungsgebühren der privaten Haushalte entfallen. Diese Zahl bezieht sich vor allem auf die grösseren Gemeinden, beinhaltet keine Anschlussgebühren und keine frachtabhängigen Gebühren von Indirekteinleitern, sodass dies teilweise die Differenzen zu den anderen Erhebungen erklärt. Zum anderen basieren die in der VSA-Umfrage ermittelten Kosten auf dem kalkulatorisch ermittelten Wertverzehr und nicht auf den gebührenwirksamen Abschreibungen. Eine mögliche andere Erklärung ist, dass das Gebührenaufkommen die Kosten nicht deckt [BfS, 2011]. Eine nähere Betrachtung zu diesen Zusammenhängen findet sich in Kapitel 4.

*Tabelle 2: Studienübergreifender Vergleich der hochgerechneten Gesamtkosten der öffentlichen Abwasserentsorgung*

<b>Erhebung / Studie</b>	<b>Jahr</b>	<b>Kosten der Abwasserentsorgung</b> Mrd. CHF	<b>Quelle</b>
Moser et al.	2009		[Moser et al., 2010]
EFV	2009 2008	öffentliche Umweltschutzausgaben Abwasserwirtschaft	[Doytchinov, 2011] [BfS, 2011]
BFS	2008	Abwassergebühren Gewerbliche Wirtschaft	[BfS, 2010]
VSA/KI	2010		[VSA, 2011]
Preisüberwacher <sup>7</sup>	2010	Abwassergebühren der priv. Haushalte	[EVD, 2011]
EFV - Eidgenössische Finanzverwaltung, BFS - Bundesamt für Statistik			

Die aus der Abwasserentsorgung resultierenden Jahreskosten setzen sich aus den Kapital- (Wertverzehr + Zinsen) und den ermittelten Betriebskosten (Sach- + Personalkosten) zusammen. Obwohl der Wiederbeschaffungswert der Kanalisation den der Abwasserreinigung um ein Mehrfaches übersteigt, gleicht die längere Nutzungsdauer der Kanalisation den Anteil der Kapitalkosten an den Gesamtkosten.

<sup>5</sup> silvia.doytchinov@efv.admin.ch; Angaben vom 2. September 2011.

<sup>6</sup> Siehe dazu auch den Entscheidungsbaum [in http://www.efv.admin.ch/d/downloads/finanzstatistik/Konzeptionelles/FS-Methodenband\\_d.pdf](http://www.efv.admin.ch/d/downloads/finanzstatistik/Konzeptionelles/FS-Methodenband_d.pdf) auf S. 22ff.

<sup>7</sup> Bei Frischwasserverbräuchen von priv. Haushalten: 162 L/E/d; Gewerbe: 70 L/E/d; Industrie: 60 L/E/d ergibt dies zusammen ca. 290 L/E/d. Bei durchschnittlichen Abwassergebühren von 1.90 CHF sind dies bei 7.8 Mio. Einwohnern Abwassergebühren von etwa 1.570 Mrd. CHF, Wasserverbrauch Quelle SVGW)

ten aus [VSA, 2011]. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Kostenstruktur der Abwasserentsorgung gegliedert nach Kapitalkosten, Betrieb und Unterhalt. Demnach setzen sich die Jahreskosten zu 55% aus Wertverzehr, zu 6% aus Zinskosten, zu 23% aus Sachkosten und zu 13% aus Personalkosten zusammen.

Tabelle 3: Hochgerechnete Jahreskosten der Abwasserentsorgung im öffentlichen Raum (modifiziert aus [VSA, 2011])

	<b>Abwasserreinigung</b> (Mio. CHF/a)	<b>Siedlungsentwässerung</b> (Mio. CHF/a)
<b>Kapitalkosten</b>		
- Wertverzehr	414	830
- Zinskosten	68	64
- <i>Zwischensumme</i>	<i>482</i>	<i>894</i>
<b>Betrieb und Unterhalt</b>		
- Personalkosten	170	115
- Sachkosten	317	199
- <i>Zwischensumme</i>	<i>487</i>	<i>314</i>
<b>Gesamt</b>	<b>969</b>	<b>1'208</b>

In den Baukosten sind die Kosten für Grundlagenerhebung, Planung und Information (Planungskosten) enthalten. Hingegen sind die Aufwendungen für die Überwachung bei den Kantonen in den Kosten nicht berücksichtigt. Deren Grössenordnung ist Tabelle 4 zu entnehmen. Die Planungskosten machen nur 1,4% der Gesamtkosten der Abwasserentsorgung aus [Moser et al., 2010], wobei die Kosten für die GEP-Erstellung (ca. 800 Mio. CHF) inkl. Datenaufnahme hinzugerechnet werden müssen (vgl. Modulbericht Infrastruktur des Abwassersystems).

Tabelle 4: Hochgerechnete Kosten für Planung und Überwachung der Abwasserentsorgung

<b>Aufgabe</b>	<b>Mio. CHF/a</b>	<b>CHF/E/a</b>	<b>Anteil an Gesamtkosten</b>	<b>Quelle</b>
Planungskosten	32	4,3	1,4 %	Hochrechnungen Daten AWEL <sup>8</sup> [Moser et al., 2010]
Überwachung	55	7,4	2,5 %	Hochrechnungen Daten AWEL [Moser et al., 2010]

Nicht berücksichtigt sind in den oben aufgeführten Zahlen die Aufwendungen für die privaten Anlagen. Dazu gehören die Vorbehandlungen in Gewerbe und Industrie, die privaten Abwasserreinigungsanlagen und die privaten Entwässerungsanlagen. Die Datengrundlage für die Abschätzung dieser Kosten ist sehr gering. Aus den Angaben in Tabelle 1 kann man für die privaten Anlagen einen jährlichen Wertverzehr von 988 bis 1277 Mrd. CHF berechnen. Über die privaten Betriebskosten ist nichts bekannt.

Im internationalen Vergleich liegen die ermittelten personenbezogenen Preise für die öffentliche Abwasserentsorgung auf einem ähnlichen Niveau. Laut Erhebung und Berechnungen der VEWA-Studie [BDEW, 2010] betragen die Kosten, die die Verbraucher für die Abwasserentsorgung in den schweizerischen Nachbarländern Frankreich, Österreich und Deutschland tragen müssen, 135 EUR, 119 EUR

<sup>8</sup> AWEL: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich

und 123 EUR, siehe Tabelle 5. Dabei ist zu beachten, dass die Werte im Hinblick auf den Abwasserentsorgungsstandard in Deutschland angepasst wurden. Für den Vergleich ist das Preisniveau in der Schweiz [OECD, 2011\_a] und die Kaufkraftparität [OECD, 2011\_b] in die Berechnung mit einzubeziehen, weil die Leistungen in der Schweiz erstellt und erbracht werden<sup>9</sup>. Daraus ergeben sich für Frankreich, Österreich und Deutschland kaufkraftgewichtete Abwasserentsorgungspreise von 147 CHF/E/a, 160 CHF/E/a bzw. 160 CHF/E/a. In der VEWA-Studie wurde das von den Verbrauchern zu tragende Preisniveau verglichen. In der Schweiz liegt die Verbrauchsgebühr im Mittel bei 1.9 CHF/m<sup>3</sup>. Daraus ergibt sich bei einem spezifischen Frischwasserverbrauch von 162 L/E/d eine Jahresbelastung von 112 CHF/E/a. Die Umlegung der Gesamtkosten der öffentlichen Abwasserentsorgung von 1.662 [Doytchinov, 2011] Mrd. CHF/a auf die Gesamtbevölkerung ergibt personenbezogene Kosten von 215 CHF/a. Grundsätzlich zeigt sich, dass die Aufwendungen der Verbraucher für die Abwasserentsorgung in einem ähnlichen Bereich sind. Je nachdem, ob für den Vergleich die Gesamtkosten oder die Benutzungsgebühr herangezogen werden, wird das Niveau der drei Nachbarländer (AUT, F und D) um 30% bis 40% über- bzw. unterschritten.

Tabelle 5: Vergleich der schweizerischen Abwasserentsorgungskosten mit anderen europäischen Ländern (Daten EU [BDEW, 2010], CH: Gesamtkosten: [BfS, 2011], Benutzungsgebühren: [EVD, 2011]; OECD: KPP: [OECD, 2011\_b] Preisindex: [OECD, 2011\_a])

Land	Abwasserentsorgungspreise			
	CHF/E/a	EUR/E/a <sup>1)</sup>	KPP <sup>2)</sup>	Preisindex <sup>3)</sup>
Schweiz			137	100
Gesamtkosten	215			
Benutzungsgebühren	112			
Deutschland	160	123	110	162
England/ Wales	210	170	106	160
Frankreich	147	135	99	151
Niederlande	171	127	125	148
Österreich	160	119	117	157
Polen	109	96	58	269

<sup>1)</sup> bezogen auf eine gleiche Leistung, <sup>2)</sup> bei gleicher Kaufkraft: OECD Kaufkraftparität bezogen aufs BIP (KPP) Euroraum = 100, <sup>3)</sup> zum Vergleichspunkt Schweiz (Sept. 2010)

## 4. Abwassergebühren

Die Erhebung der Abwassergebühr unterliegt grundsätzlich dem Verursacherprinzip (BV Art 74 [BV, 1999]). Die Umsetzung dieses Prinzips ist mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Weil sich die Kosten von Bau, Betrieb und Unterhalt von Abwasseranlagen im Hinblick auf Sammlung, Transport und Behandlung von Schmutz- und Regenwasser unterscheiden, wäre im engeren Sinne des Verursacherprinzips ein ebenfalls komplexes Gebührensystem erforderlich. Von solchen Systemen wird zu recht Abstand genommen, weil (i) Intransparenz die Akzeptanz der Gebühr in der Bevölkerung reduziert [Lang, 2006; Palm, 2006], (ii) über die Abwassergebühr eine Lenkungsfunktion zum ökologischen

<sup>9</sup> Es gilt für Preis (P) mit Kaufkraftparität (KPP) aus Land (i) und Preisindex im Vergleich zur Schweiz (PI<sub>CH</sub>): 
$$P = \frac{KPP_i}{KPP_{CH}} \cdot PI_{CH}$$

Umgang mit Wasser erzielt wird [Müller und Kramer, 2000], (iii) die flächendeckende Inanspruchnahme der Leistung über den Anschluss- und Benutzungszwang durchgesetzt wird [Bundesversammlung, 1991; Bundesrat, 1998] und weil die Zahler innerhalb eines Einzugsgebietes das Recht auf Gleichbehandlung haben. Diese Überlegungen führen in der Praxis dazu, dass die Gebührenmodelle weitgehend den unternehmerischen Anforderungen widersprechen. Dazu gehört, dass substantielle Anteile der Gebühren mengenabhängig gestaltet werden und dass Quartiere oder Aussenbezirke unabhängig von den Erstellungs- und Betriebskosten mit den anderen Quartieren gleichgestellt werden.

Als Gebührenschlüssel sind in der Schweiz drei Modelle weit verbreitet [BUWAL, 2003]: (i) einzig eine Grundgebühr, (ii) eine mengenbezogene Abgabe sowie (iii) eine Kombination aus beiden Ansätzen (gesplitteter Gebührenschlüssel) [Lang, 2006]. Letzterer Ansatz eignet sich insbesondere, um die Regenwasserentsorgung verursachergerecht über die angeschlossene Fläche zu berücksichtigen. Bild 1 illustriert die Datenlage aus dem Jahr 2002 zu der Höhe der Abwassergebühr in Abhängigkeit des Erhebungsverfahrens. Die Darstellung suggeriert eine Zunahme der Abwassergebühr, wenn die Komplexität des Ansatzes erhöht wurde. Es ist aber anzunehmen, dass in vielen Orten die Gebührenform im Zuge einer nötigen Gebührenerhöhung eingeführt wird und dass ohne Anlass am alten Pauschalansatz festgehalten wird.

Um Reduktionen im Ressourcenverbrauch (v.a. Energie, Wasser) zu fördern, werden üblicherweise die Gebührenschlüssel über den tatsächlichen variablen Anteil der Betriebskosten hinaus überhöht [Lang, 2006]. Nachteilig an diesem System ist, dass, wenn die Lenkungsabgabe Wirkung zeigt (d.h. die Wasserverbräuche sinken), aufgrund des hohen Fixkostenanteiles die Gebühren angepasst werden müssen [Kluge und Libbe, 2006]<sup>10</sup>. Obwohl sich dadurch die Gesamtausgaben der Nutzer kaum verändern, stellt der resultierende Gebührenanstieg eine potentielle Belastung für die Kommunikation zwischen den Inhabern der öffentlichen Abwasseranlagen, den politischen Entscheidungsträgern und der Bevölkerung dar.

[Fr./Ein/a] [Fr./hab/a]

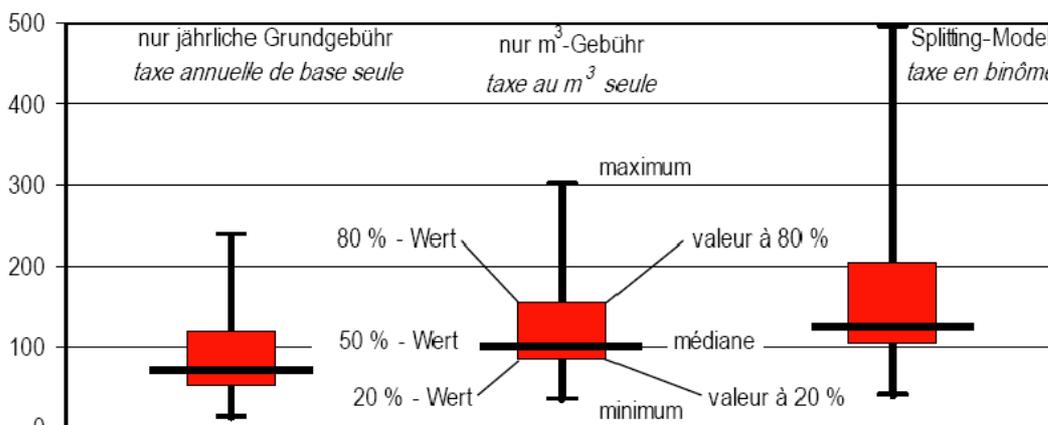


Bild 1: Höhe und Struktur der Abwassergebühr (Bildquelle: [BUWAL, 2003])

<sup>10</sup> Die gleiche Spirale liegt auch dem Kostenproblem im durch Abwanderung belasteten demografischen Wandel zugrunde. Dort führen der Fixkostenanteil und die langen Nutzungsdauern der Anlagen zu einer ansteigenden Pro-Kopf-Belastung, weil die Grundgesamtheit des Leistungsumfanges geringer wird, während die Jahreskosten nahezu unverändert bleiben. Bei den derzeit gültigen Bevölkerungsszenarien sind dies für die Schweiz allerdings keine relevanten Prozesse (Kluge und Libbe, 2006).

Zur Jahrtausendwende wurde in einigen Kantonen die Einführung einer Abwasserabgabe intensiv diskutiert [Müller und Kramer, 1998]. Die Abgabe sollte die auslaufenden Subventionen kompensieren, das Verursacherprinzip unabhängig von der Kostenstruktur der Abwasserentsorgung stärken und für einen Ausgleich zwischen finanzstarken und finanzschwachen Gemeinden sorgen. Dieses umwelt-ökonomische Instrument wurde jedoch nur in sehr wenigen Kantonen umgesetzt (BE, SO, AR). In den Kantonen ohne Abwasserabgabe wurden die Subventionen für den Neu- und Ausbau der Abwasseranlagen abgeschafft oder auf eine Spezialfinanzierung begrenzt [Müller und Kramer, 1998].

Die Abwassergebühr ist auf die tatsächlichen anfallenden Kosten für die Abwasserentsorgung gemäss Finanzbuchhaltung der Gemeinden beschränkt. Durch das natürliche Monopol, das bei den leitungsgebundenen Infrastrukturen herrscht, findet im marktwirtschaftlichen Sinne keine freie Preisgestaltung statt<sup>11</sup>. Die heutige Situation der Preise bei der Abwasserentsorgung ist Tabelle 6 zu entnehmen. Die Aufstellung zeigt die Gebühren für die rund 300 einwohnerreichsten Schweizer Gemeinden (mehr als 5'000 Einwohner). Demnach zahlen die Hälfte der Schweizer weniger als 1.8 CHF pro m<sup>3</sup>-Abwasser für Sammlung, Transport und Reinigung. Auffällig sind die erhobenen Maximalwerte, die bis zu einem Wert von 4.93 CHF/m<sup>3</sup> reichen und in Abhängigkeit der Haushaltsgrösse dem 8- bis 10-Fachen des Minimalwertes entsprechen.

*Tabelle 6: Abwassergebühren (Betriebsgebühren, Daten: [EVD, 2011],[Köster, 2010; Stauffer, 2008]*

2010	Einpersonenhaushalt in 2-Zi.-Wohnung		3-Personenhaushalt in 4-Zi.-Wohnung		4-Personenhaushalt in 6-Zi.-Einfamilienhaus	
	CHF/m <sup>3</sup>	CHF/E/a*	CHF/m <sup>3</sup>	CHF/E/a*	CHF/m <sup>3</sup>	CHF/E/a*
Min	0.45	27	0.45	27	0.45	27
25%	1.34	79	1.26	75	1.32	78
Median	1.78	105	1.7	101	1.74	103
75%	2.38	141	2.17	128	2.41	143
Max	4.93	292	3.88	229	4.06	240
Durchschnitt	1.9	112	1.76	104	1.88	111

\*bezogen auf einen Trinkwasserverbrauch von 162 L/E/d

Für dieses Verhalten sind eine Vielzahl von Aspekten relevant: (i) stille Reserven, (ii) Investitionen zum Werterhalt und (iii) der Einfluss der Rechenlegungsmodelle. Des Weiteren ist eine Reihe von Kosten nicht enthalten, wie beispielsweise die Überwachung durch Bund und Kantone und externe Umweltkosten.

Die eidgenössische Finanzverwaltung gibt für die Einnahmen aus Benützungsgebühren in Bund, Kantonen und Gemeinden einen Betrag von 1.126 Mrd. CHF an [Doytchinov, 2011]. Verglichen mit den von ihnen angegebenen Ausgaben (siehe dazu Tabelle 2) ergibt das einen Gebühren-Deckungsgrad von 67.7%. Die Differenz erklärt sich wie folgt: „18% sind Anschlussgebühren und je 5% fallen auf Rückerstattungen Dritter und Finanzertrag von öffentlichen Unternehmungen“<sup>5</sup>.

Für die mittelfristige Gestaltung der Abwassergebühr ist eine Finanzplanung nötig, die eng mit der Investitionsplanung verbunden ist [Kanton AG, 2009; Lehmann und Honegger, 2008]. Für kleinere Gemeinden ist die Einführung der betriebswirtschaftlich relevanten Investitionsplanung (Anlagenbuchhal-

<sup>11</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

tung, Beurteilung des Wertverzehr etc.) nicht üblich [Kanton AG, 2009, Schraner, 2007]. Es braucht Finanzplanungsinstrumente, die die zukünftige finanzielle Leistungsfähigkeit mit den anstehenden Aufgaben/ Investitionen vergleichen. Derzeit wird das Harmonisierte Rechnungsmodell 1 (HRM 1) vielerorts angewendet, das 2014 vom Nachfolger, dem Harmonisierten Rechnungsmodell 2 (HRM 2), abgelöst werden soll. Das HRM 2 soll mittelfristig den Übergang zum *International Public Sector Accounting Standard* (IPSAS) herstellen [30, 32]. Bei der Umstellung der Rechnungslegungsmodelle ist eine Neubewertung des Anlagevermögens notwendig. Wenn diese auf Basis des Wiederbeschaffungswertes erfolgt, ist vielerorts mit einer Überschätzung des Kapitalbedarfs für die Zustandserhaltung zu rechnen<sup>12</sup>.

## 5. Investitionsbedarf und strategische Planung

### 5.1. Investitionsbedarf zur Reinvestition

Etwa zwei Drittel der gesamten öffentlichen Kanalisation wurde innerhalb der vergangenen 50 Jahre erbaut. In dicht besiedelten, städtischen und industriell geprägten Siedlungen wurde bereits früher mit der systematischen Sammlung und Ableitung von Abwasser begonnen. Bild 2 illustriert diese Altersstruktur. Die technische Nutzungsdauer von 80 Jahren ist bei der Mehrheit der Haltungen noch nicht erreicht, wobei allerdings die effektive technische Nutzungsdauer unklar ist. Weitere Informationen zum Zustand, Alter und Wert der Kanalisation sind dem Modulbericht „Infrastruktur“ zu entnehmen.

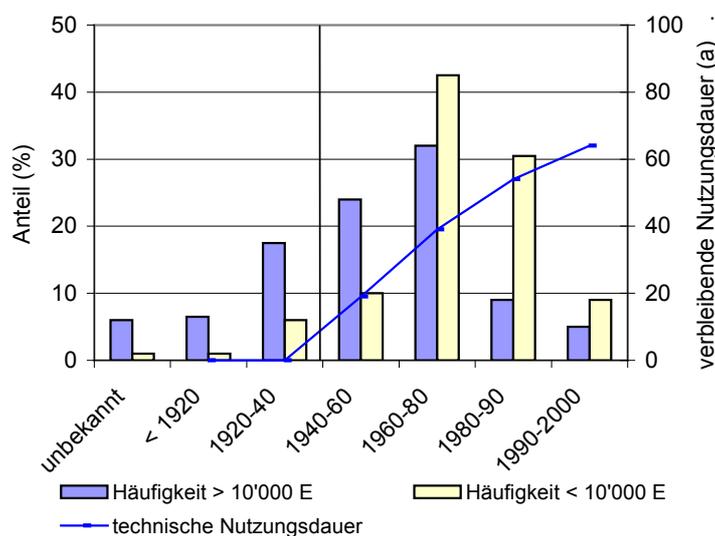


Bild 2: Altersverteilung von etwa 7'000 km Kanal im Jahr 2006 [Maurer und Herlyn, 2006] und Verlauf der verbleibenden technischen Nutzungsdauer (auf der Basis von 80 Jahren).

Eine Analyse verschiedener GEP zeigte, dass 15%-25% der Haltungen mindestens einen mittelfristigen Sanierungsbedarf aufweisen, da sie in die Schadensklassen 0-2 nach VSA-Nomenklatur eingeordnet wurden [Maurer und Herlyn, 2006; Vettori, 2011]. Eine ähnliche Schadensituation wurde in

<sup>12</sup> Dominguez, D. AWA (pers. Mitteilung)

deutschen Kanalisationen beobachtet [Berger und Falk, 2011]. Der noch in den 80er- und 90er-Jahren in der Schweiz erkannte Nachholbedarf bei der Sanierung geht seit der gesetzlichen Einführung des GEP in einigen Regionen zurück [Kanton Aargau, 2009; Vettori, 2011]. Aufgrund der fehlenden Datelage ist es weiterhin unklar, ob sich schweizweit die Situation grundlegend verändert hat und ob ein tatsächlicher Nachholbedarf besteht bzw. wie gross dieser ausfällt.

Ein schwacher Indikator ist die Gegenüberstellung der Bruttoinvestitionen zum kalkulatorischen Wertverzehr. Ein solcher Vergleich ist der Tabelle 7 zu entnehmen, die den jährlichen Wertverzehr auf die Brutto-Investitionen<sup>13</sup> in Abhängigkeit der Grössenklasse auflistet. Die Daten beruhen auf einem Anteil von 46% an der schweizerischen Gesamtlänge der Kanalisation mit einem Wiederbeschaffungswert von 380 Mio. CHF.

*Tabelle 7: Vergleich des Wertverzehrs (kalkulatorisch aus Wiederbeschaffungswert) und Brutto-Investitionen im Bereich der Kanalisationen (Daten repräsentieren 46% der Schweiz, keine Hochrechnung auf die gesamte Schweiz) [VSA, 2011]*

<b>Grössenklasse ARA-Einzugsgebiet</b>	<b>[1.000 EW]</b>	<b>0,1 - 1</b>	<b>1 -10</b>	<b>10 - 50</b>	<b>&gt; 50</b>
Kalkulatorischer Wertverzehr	[Mio. CHF]	2	53	127	198
Brutto-Investitionen	[Mio. CHF]	0,4	42	74	106
Quote Investitionen/Abschreibung	[%]	20	80	58	54

Basierend auf den Wiederbeschaffungswerten und Nutzungsdauern [VSA, 2011] ergibt sich ein gesamtschweizerischer Bedarf von 1.25 Mrd. CHF, der im langjährigen Durchschnitt investiert werden müsste, um die bisherigen Werte zu erhalten. Davon entfallen 425 Mio. auf die ARA und 825 Mio. auf die Kanalisation.

## 5.2. Vergleich mit Deutschland

In Deutschland sind für den Zeitraum 2009 bis 2013 Sanierungsmassnahmen in der Höhe von ca. 1.1 Mrd. EUR geplant [Berger und Falk, 2011], siehe Tabelle 8. Davon entfallen über 92% auf Massnahmen, die zu einer Erholung des Substanzwertes der Kanalisation führen. Aus der Umfrage ging auch hervor, dass mit durchschnittlichen Nutzungsdauern der Renovierungsmassnahmen von 47 a eine bedeutende Verlängerung der Standzeiten erreicht wird. Am häufigsten jedoch werden schadhafte Stellen in der Kanalisation repariert. Vergleichbare Erhebungen in diesem Detaillierungsgrad existieren für die Schweiz nicht.

*Tabelle 8: Verteilung der geplanten Sanierungsmassnahmen in Deutschland für den Zeitraum 2009-2013 [Berger und Falk, 2011]*

	<b>Reparatur</b>	<b>Renovierung</b>	<b>Erneuerung</b>
Mittleinsatz	7.4%	32.7%	59.9%
Länge	45.6%	28.9%	25.5%
Durchschnittliche Nutzungsdauer	23 a	47 a	82 a

<sup>13</sup> Aus VSA/KI wird nicht eindeutig klar, ob die Brutto-Investitionen einzig Reinvestitionen (Erneuerung und Renovierung) oder auch Neuerschliessungen/ Erweiterungen/ Restrukturierungen einschliessen

### 5.3. Erhöhte Anforderungen an den Gewässerschutz

Wenn erhöhte Anforderungen an Mikroverunreinigungsemissionen aus Kläranlagenabläufen und das Massnahmenprogramm des BAFU umgesetzt werden, ist mit einem Anstieg der Jahreskosten für die Abwasserentsorgung zu rechnen, vgl. Modulbericht „Neue Technologien“. Das Massnahmenprogramm beinhaltet den Ausbau von 100 ARA (von total 839 > 100 EW) mit einer weitergehenden Reinigungsstufe. Hier zeigten sich in verschiedenen Labor-, Pilot- und grosstechnischen Studien, dass Ozon und Pulveraktivkohle (PAK) durch ihre Breitbandwirkung überzeugen [Abegglen et al., 2011]. Der Investitionsbedarf wird auf 1,2 Mrd. CHF geschätzt [Abegglen et al., 2011; UVEK, 2009], was einer Erhöhung des Wiederbeschaffungswertes um rund 10% gleichkommt. Siehe Kap. 6.2 für die Auswirkungen auf die Jahreskosten.

### 5.4. Management kommunaler Infrastruktur

Die Gemeinden bewirtschaften nicht nur die Infrastruktur der Abwasserentsorgung sondern ebenfalls die Systeme zur Versorgung, zum Transport und die Kommunikation. Die technisch-operativen Aufgaben werden mehrheitlich gesetzeskonform erfüllt und die technischen Kompetenzen und Bildungssysteme sind in ausreichendem Masse vorhanden<sup>14</sup>. Im Bereich der Kontrolle [Lehmann und Honegger, 2008] sowie der planerischen und finanztechnischen Kompetenzen [Vollenweider et al., 2011] werden jedoch zunehmend erweiterte Kompetenzen erforderlich. Dieser Bedarf wird noch verstärkt, da die langlebigen Infrastruktursysteme sich verschiedenen Wandlungsprozessen ausgesetzt sehen, wie z. B. demografischer Wandel, Raumentwicklung, Klimawandel und Gesetzesänderungen. Während auf Bundesebene ([UVEK, 2010] aus [Vettori et al., 2011]) Grundlagen für einen mittelfristigen Handlungsrahmen gelegt wurden, ist in vielen Gemeinden noch ein erheblicher Handlungsbedarf erkennbar [Vollenweider et al., 2011]. Auf strategischer Ebene formulierten Vollenweider et al. (2011) folgenden Handlungsbedarf: (i) Leistungen im Bereich Abwasserentsorgung und Wasserversorgung sind unzureichend genau definiert, (ii) Finanzrechenmodell der Gemeinden verhindert aussagekräftige betriebswirtschaftliche Finanzkennzahlen. Dies ist im Hinblick auf die Kosten- und Gebührenentwicklung relevant, da

- (i) die Qualität der (Investitions-)Entscheidungen langfristig die Kosten bestimmt, und
- (ii) die Gebühren nicht nur von den geplanten Massnahmen auf Basis der aktuellen Zustandsbewertung abhängen, sondern auch die zukünftigen Erwartungen berücksichtigen sollten.

### 5.5. Vergleichssysteme und Benchmarkingmodelle

Neben der Rechnungslegung wird für das Management der kommunalen Infrastruktur die Verknüpfung zwischen strategischer Planung, technischem Sachverstand und finanztechnischen Aspekten an Bedeutung gewinnen, dem sogenannten *strategic asset management* (SAM) [Alegre, 2009]. Eine neue ISO-Norm des TC224 [ISO, 20xxa; ISO, 20xxb] wird bald erscheinen. Darin werden folgende Ziele für das SAM definiert [ISO, 20xxa; ISO, 20xxb]:

---

<sup>14</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

- (i) einen effizienten Ressourceneinsatz erreichen und demonstrieren,
- (ii) die Verbesserung des Risk Managements und der Corporate Governance
- (iii) eine beständige Langzeitplanung und Leistungsentwicklung, sowie
- (iv) die Verbesserung der Gesamtleistung und der erbrachten Dienstleistungen.

Abgesehen von den Kommunikations- und Managementrichtlinien zu Betrieb, Finanzierung und Risk Management sind Modelle zur Leistungsberechnung und -evaluierung ein wesentlicher Beitrag der neuen Normenreihe. Sogenannte Benchmarkingmodelle sollen die erbrachten Leistungen den aufgetretenen Kosten gegenüberstellen und mit anderen Systemen vergleichbar machen. Es existieren in der Schweiz Erfahrungen über Erhebung und Bewertung von Leistungskennzahlen, wobei sich die Grenzen dieser Methode abzeichnen. So sind beispielsweise Investitionen und Optimierungen oft nur nach Erreichen der Nutzungsdauer des bestehenden Systems wirtschaftlich umsetzbar. Des Weiteren ist die Kontrolle der Kennzahlen (z. B. zur Leistungskontrolle von Reorganisationen) mangels konsequenter Beschreibung der Minimal- und Normalanforderungen sehr anfällig für Fehlinterpretationen<sup>15</sup>. In Bezug auf die Benchmarkingmodelle sind für die Schweiz, die die Norm mitgestaltete, noch keine Informationen zur Vergleichbarkeit, zu den vielen besonderen lokalen Randbedingungen und zur Robustheit der Ansätze verfügbar.

### **5.6. Integrale Sanierungsplanung und Integrale Fremdwasserkonzepte**

Bei der Sanierungsplanung von Massnahmen zur Reduktion von Fremdwasser oder der Exfiltration von Abwasser dürfen die Massnahmen nicht auf die öffentliche Kanalisation beschränkt bleiben, sondern es müssen auch die privaten Liegenschaftsentwässerungsanlagen (LEA) einbezogen werden, vgl. auch Modulbericht „Infrastruktur“. Des Weiteren sollte auch die Koordination mit den übrigen Leitungsträgern (Gas, Wasser, Elektrizität etc.) berücksichtigt werden, um Baukosten und soziale Kosten zu vermeiden. Dieses Vorgehen wird als Integrale Sanierungsplanung oder Integrales Fremdwasserkonzept bezeichnet [Stauer und Haussmann, 2007]. Der prognostizierte Investitionsbedarf bei den privaten LEA ist beträchtlich. Detailliert ist der Zustand der LEA nicht erfasst, aber Schätzungen gehen von einer Schadenquote von 50% aus [AWEL, 2004]. Demnach wären bei ca. 800'000 Grundleitungen Mängel zu beheben. Die Sanierungskosten variieren stark. Bei mittleren Kosten von 5'000 CHF/LEA [Winterthur, 2010] ergeben sich Sanierungskosten von 4 Mrd. CHF, die von den Grundstückbesitzern finanziert werden müssen.

---

<sup>15</sup> Dominguez, AWA (pers. Mitteilung)

## 6. Entwicklung der Kosten und Gebühren

### 6.1. Entwicklung aufgrund der Refinanzierung

Das GSchG schreibt den Inhabern öffentlicher Abwasseranlagen vor, dass bei der Festlegung der Abwassergebühren<sup>16</sup> auch „*der geplante Investitionsbedarf für Unterhalt, Sanierung und Ersatz, für Anpassungen an gesetzliche Anforderungen sowie für betriebliche Optimierungen*“ berücksichtigt wird. Weiter wird gefordert: „*Die Inhaber der Abwasseranlagen müssen die erforderlichen Rückstellungen bilden*“<sup>17</sup>. Diese Forderungen werden in den Kantonen verschieden umgesetzt, wie Tabelle 9 zeigt.

Das Berner Modell steht exemplarisch für ein System, bei dem kontinuierlich Rückstellungen für die Reinvestition gebildet werden. Ziel ist eine gleichmässige Verteilung der finanziellen Lasten über die gesamte Nutzungsdauer hinweg<sup>18</sup> [Kanton BE, 2000]. Im Kanton Aargau wird hingegen von einem Planungshorizont von 10 bis 15 Jahren ausgegangen [Kanton AG, 2009], um über eine langfristige Planung erhebliche Sprünge bei den Abwassergebühren vermeiden zu können. Das gewählte Instrument ist die Investitionsplanung, die den zukünftigen Kapitalbedarf in die Gebührenerhebung einbringt. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass grosse Reinvestitionen in einem solchen Zeitraum nicht vollständig über gleichmässige Gebühren finanziert werden können [Kanton AG, 2009]. Die Beispiele der Kantone Graubünden und Zürich unterstreichen die Gemeindeautonomie in Finanzfragen. In Zürich wird der „Fair-Presentation-Ansatz“ empfohlen, um die Informationslage gegenüber der klassischen Finanzbuchhaltung zu verbessern. Der Finanzierungsrahmen, der u.a. durch das Gemeindegesezt bestimmt wird, wird nicht weiter eingeschränkt. Die Entscheidungen über die Finanzplanung bleiben weiterhin bei den Gemeinden.

---

<sup>16</sup> Art. 60a Abs. 2 Nr. d GSchG

<sup>17</sup> Art. 60a Abs. 3 GSchG

<sup>18</sup> Dominguez, D. AWA (pers. Mitteilung)

Tabelle 9: Übersicht zur Ordnung der Investitionsplanung und -finanzierung einiger Kantone (nicht vollständig)

Kanton	Ordnung der Investitionsplanung und -finanzierung	
Aargau	Abwasserbeseitigung wird in der Finanzbuchhaltung der Gemeinden als nicht steuerfinanzierter Eigenwirtschaftsbetrieb (Spezialfinanzierung) geführt.  Die im GEP enthaltenen Massnahmen sind in den langfristigen <b>Investitionsplan</b> (mind. 10 bis 15 Jahre) zu übertragen, sodass die Selbstfinanzierung berechnet werden kann. Die Aktivierungsgrenze für Investitionen ist in der Finanzverordnung festgelegt.	[Kanton AG, 2009]
Bern	“Berner Modell”: Die Bestimmungen in Bern gelten unabhängig von der Organisationsform für alle Abwasserentsorgungsbetriebe. Aufwand der Werterhaltung wird über eine nach Wiederbeschaffungswert und Nutzungsdauer errechneten “Einlage in die Spezialfinanzierung Werterhalt“ abgedeckt.	[Kanton BE, 2000]
Graubünden	Die Gemeinden regeln Siedlungsentwässerung einschliesslich der Verfahren und Finanzierung der Bau- und Betriebskosten im Baugesetz und im Abwasserreglement. In Ausnahmen dürfen Kosten der Abwasserentsorgung durch die Hauptfinanzierung getragen werden.	[Kanton GR, 1997]
Zürich	Zur Sicherstellung der Kostendeckung und zur Gewährleistung der Transparenz wurde eine integrierte Betriebskostenrechnung (§ 125 des Gemeindegesetzes) mit Spezialfinanzierung (§ 126 Abs. 2 des Gemeindegesetzes) eingeführt. Die Ausgestaltung der Finanzierung und der Gebührenerhebung obliegt der Gemeinde. Empfehlungen und Wegleitungen unterstützen den Aufbau eines sogenannten “Fair-Presentation-Ansatzes“, der beispielsweise eine Investitionsplanung und eine Anlagebuchhaltung einschliesst.	[AWEL, 2007a] [AWEL, 2007b]

Da die Errichtung der Abwasserinfrastruktur stark durch Subventionen des Bundes gefördert wurde [Gianella und Maurer, 2006; Kanton AG, 2009; Lehmann, 1994] und in vielen Gemeinden nach HRM1 degressiv abgeschrieben wurde, spiegeln sich die hohen Investitionen nur abgemindert in den heutigen Kosten (resp. Gebühren) wider oder führen zu erheblichen stillen Reserven in der Finanzbuchhaltung [Lehmann und Honegger, 2008]. Im Durchschnitt wurden in den 60er-, 70er- und 80er-Jahren 37 % der Abwasserentsorgungskosten subventioniert [Müller und Kramer, 2000]. Parallel erhoben die InhaberInnen der Abwasseranlagen einmalige Abgaben wie Anschlussgebühren, Erschliessungs- und Mehrwertbeträge. Für den grössten Teil der anstehenden Refinanzierung sind diese Einnahmequellen nicht abermals verfügbar. Derzeit liegen keine Informationen vor, ob thesaurierte Gewinne (z. B. aus Abschreibungen) bei den Gemeinden vorhanden sind, um frühere Subventionen und einmalige Abgaben zu kompensieren. Falls solche Rücklagen nicht vorhanden sind, ist mittelfristig von einem Anstieg der Kosten auszugehen, weil entweder Rückstellungen gebildet werden oder eine Fremdkapitalaufnahme finanziert werden muss. Je nachdem welche Eigenkapitalreserven in einem Entwässerungsbetrieb verfügbar sind, um die anstehenden Reinvestitionen zu finanzieren, wird zusätzliches Fremdkapital notwendig. Mit der Fremdkapitalaufnahme geht ein zukünftiges Zinsrisiko einher und eine zusätzliche Kostenbelastung durch den Realzins<sup>19</sup>. Den erheblichen Einfluss einer Fremdkapitalfinanzierung auf die Kosten der Abwasserentsorgung sehen auch Vettori et al. (2011).

<sup>19</sup> Der Realzins entspricht etwa dem Nominalzins abzüglich der Teuerung und fällt bei der Fremdkapitalfinanzierung beim Entsorgungsbetrieb/ bei der Gemeinde an. Bei der Finanzierung durch Eigenkapital bzw. durch Rücklagen wird der Zins durch entgangenen Gewinn vom Gebührenzahler bezahlt.

## 6.2. Erhöhte Anforderungen an den Gewässerschutz

### *Abwasserreinigungsanlagen*

Mit der Erweiterung der Gewässerschutzanforderungen auf Mikroverunreinigungen und dem damit einhergehenden Ausbau der ARA sind Investitionen und steigende Betriebskosten verbunden. Die Kostenabschätzung basiert auf Erfahrungen von Pilotanlagen [Abegglen et al., 2011]. Die spezifischen Kosten für den Ausbau mit Pulveraktivkohle (PAK) und Ozonung sind in Tabelle 10 wiedergegeben. Insgesamt werden für die 100 ARA jährliche Betriebs- und Kapitalkosten in der Höhe von 130 Mio. CHF prognostiziert [Abegglen et al., 2011]. Je nachdem, ob die Kosten nur auf die Einwohner bzw. Einwohnerwerte der betroffenen ARAs oder der gesamten Schweiz herangezogen werden, ist eine Erhöhung der spezifischen Jahreskosten für die Abwasserentsorgung um 32 CHF/E/a bzw. 16 CHF/E/a oder respektive um 20 CHF/EW/a bzw. 10 CHF/EW/a absehbar. Die weitergehende Reinigung einer ausgewählten Anzahl von ARAs geht also mit einer Erhöhung der Jahreskosten für die Abwasserreinigung von 10 bis 15% einher [Abegglen et al., 2011]. Eine ähnlich gelagerte Studie bezieht die Kostensteigerung auf lediglich 5% [Vettori et al., 2011].

*Tabelle 10: Kostenabschätzung für die Anwendung von PAK (10mg/L) und Ozon (5 mg/L) bei zwei ARAs unterschiedlicher Grösse [Abegglen et al., 2011]. Als Vergleichsgrösse sind die mittleren Kosten der Abwasserreinigung angegeben.*

		Belastung (EW)			
		14'400	590'000	14'400	590'000
spezifische Kosten		CHF/m <sup>3</sup>	CHF/m <sup>3</sup>	CHF/EW/a	CHF/EW/a
ARA heute		0.8	0.55	87	61
PAK	ohne Filter	0.25 - 0.3	0.1 - 0.15	44 - 53	12 - 18
	mit Filter	0.42 - 0.47	0.15 - 0.2	74 - 84	16 - 24
Ozonierung	ohne Filter	0.15 - 0.19	0.04 - 0.06	27 - 23	4.5 - 7
	mit Filter	0.32 - 0.36	0.09 - 0.11	57 - 63	11 - 13

Ein zentraler Diskussionspunkt bei der Umlegung der Kosten für den Ausbau der ARAs ist das Finanzierungsmodell. Das Verursacherprinzip verlangt eine breite Beteiligung der Bevölkerung und der Industrie an den Kosten, die durch Mikroverunreinigungen verursacht werden. Das Massnahmenprogramm schlägt jedoch vor, gezielt die relevantesten ARAs auszubauen. Es sind also Instrumente erforderlich, die es ermöglichen, Kosten, die an einem Ort zur Abwasserentsorgung anfallen, auf Abwasserproduzenten in anderen Orten zu übertragen. Während die Gesamtkosten zur Elimination der Mikroverunreinigungen unverändert bleiben, ist es möglich, dass sich je nach Finanzierungsmodell die Abwassergebühren unterschiedlich verändern.

### *Niederschlagswassereinleitungen und Strassenentwässerung*

Die in der Schweiz vorzufindenden Gewässerkonzentrationen von Schwermetallen, aromatischen Kohlenwasserstoffen und Pestiziden überschreiten lokal und zeitlich begrenzt die Anforderungen der GSchV [BMG, 2011]. Möglicherweise resultiert dies in einem Ausbau der Behandlungsanlagen in den Entwässerungssystemen. Die möglichen Kosten für Bau und Betrieb sind derzeit unbekannt.

### 6.3. Einfluss eines Bevölkerungszuwachses

Es bestehen verschiedene Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung in der Schweiz. Das mittlere Szenario [BfS, 2010a] geht bis 2060 von einem Zuwachs der Gesamtbevölkerung von rund 14,4% aus, wobei in einzelnen Regionen mit einem Rückgang der Bevölkerung gepaart mit einem zunehmenden Durchschnittsalter gerechnet wird. Grundsätzlich wird erwartet, dass ein Teil des Zuwachses mit den Leistungsreserven der bestehenden Systeme kompensiert werden kann [Vettori et al., 2011]. Dabei wurde jedoch nicht berücksichtigt, wie sich eine ungleiche räumliche Verteilung des Bevölkerungswachstums auswirken wird.

Neben der räumlichen Verteilung spielt auch die zu erwartende Siedlungsdichte eine wichtige Rolle für die Kosten. Die spezifischen Erstellungskosten sind in dicht besiedelten Gebieten geringer als im ländlichen Raum [Maurer et al., 2010]. Wenn sich die Siedlungsräume verdichten und die Zersiedlung gestoppt werden kann, werden sich grundsätzlich Synergien bei Bau und Betrieb der zentralen Abwasserentsorgung ergeben.

Verdichtetes Wachstum hat im Allgemeinen durch die höhere Versiegelung<sup>20</sup> einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Abwasserableitung. In nachträglich verdichteten Siedlungsräumen ist die Zunahme der versiegelten Fläche kaum zu kompensieren. Gründe sind die unzureichenden Flächen für die ortsnahe Versickerung, die fehlende Evapotranspiration und insbesondere das fehlende Abflusspotential bei hohen Regenintensitäten. Zusätzliche Retentionsmassnahmen können erforderlich werden, um den zuvor bestehenden Überflutungsschutz zu sichern. Mit der Verdichtung könnte auch eine Wertsteigerung der Nutzung einhergehen, welche höhere Anforderungen an den Überflutungsschutz stellt, z. B. Ausbau unterirdischer Verkehrsinfrastrukturen. Es sind derzeit keine Ansätze dazu verfügbar, wie das Schutzbedürfnis von Liegenschaften unter sich verändernden Randbedingungen des verdichteten Bauens zu bewerten ist.

Die demografischen Kostenfolgen sind nur schwierig abzuschätzen. Bevölkerungsrückgang löst zwar keine oder nur geringe (Rückbau) Neuinvestitionen aus, dafür steigen die spezifischen Kosten, da weniger Nutzer die fixen Kapitalkosten teilen müssen. In Gebieten mit Bevölkerungswachstum fallen sicherlich Investitionen für zusätzliche und adaptierte Infrastrukturen an. Ob sich dadurch die spezifischen Kosten und damit die Gebühren verändern, hängt stark von den lokalen Gegebenheiten ab.

### 6.4. Einfluss des Klimawandels

Die nur schwer quantifizierbaren Folgen des Klimawandels auf die Abwasserentsorgung wurden im Modulbericht „Siedlungshydrologie“ beschrieben.

Bei Erneuerungen und Erweiterungen im Entwässerungssystem und im Hochwasserschutz werden schon heute erhöhte Planungskosten resultieren, weil Raum-, Stadt- und generelle Entwässerungsplanung auf einander abgestimmt werden müssen. Langfristig ist bei der Umsetzung von Anpas-

---

<sup>20</sup> Siehe dazu auch Kapitel 2.3.1 im Modulbericht ‚Siedlungshydrologie‘.

sungsmassnahmen aber mit relevanten Investitionserhöhungen zu rechnen. Diese sind umso grösser, je unflexibler die strategische Planung ausgerichtet war [Zysset et al., 2007].

### 6.5. Weitergehende Aspekte zur Gebührenentwicklung

Basierend auf den Zahlen von 2008 [BfS, 2011] liegt schweizweit eine Unterdeckung der durch die eidgenössische Finanzverwaltung berechneten Gesamtkosten<sup>21</sup> durch die Gebühreneinnahmen für die Benutzung in der Höhe von etwa 28% vor (2009: 32.3%; siehe Bild 3). Im Jahr 2008 wurde die Differenz durch Anschlussgebühren (18%-Punkte), Rückerstattung Dritter und Finanzertrag (je 5%-Punkte) gedeckt<sup>22</sup>.

In Bild 3 werden der Verlauf der Einnahmen aus Gebühren, die Gesamtkosten und der Deckungsgrad über den Zeitraum von 1990 bis 2008 dargestellt. Nachdem die Jahreskosten zunächst stetig anstiegen, schienen sie zwischen 1999 und 2005 zurückzugehen. Seit dem Beginn der Erhebung bis ins Jahr 2007 war eine stete Zunahme der Benutzungsgebühren zu beobachten. Dies könnte auf einen Rückgang von Anschlussgebühren hinweisen. Seit 2005 bleibt trotz schwankenden Gebühreneinnahmen der prozentuale Deckungsgrad von etwa 70% nahezu konstant oder geht leicht zurück (2009: 68%).

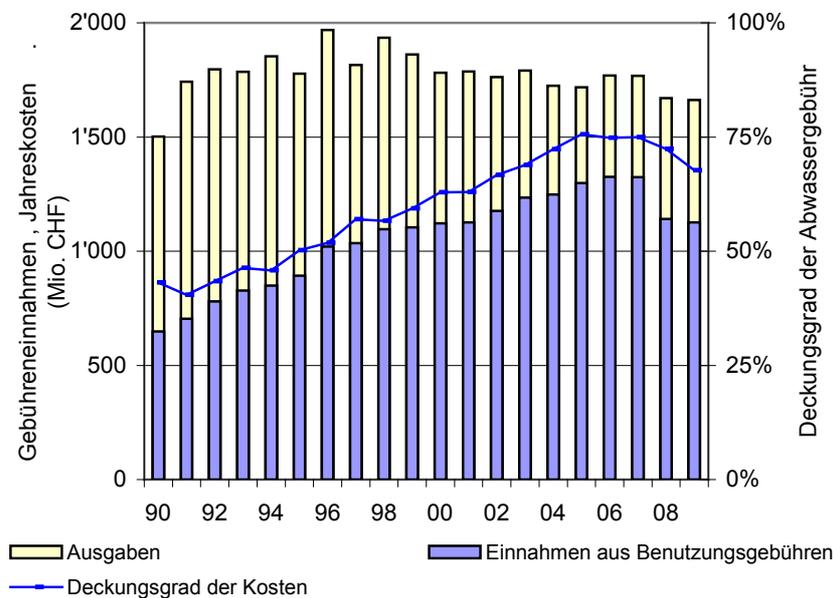


Bild 3: Resultierende Deckungslücke aus Kosten und Gebühreneinnahmen (Benutzungsgebühr) für die Abwasserentsorgung, Daten: [BfS, 2011]

<sup>21</sup> Enthalten die Kosten der Siedlungsentwässerung, Verwaltungskosten von Bund und Kantonen, aber nicht die Kosten der Abwasserreinigungsanlagen und Schlammbehandlung. Siehe dazu auch die Erläuterungen zu Tabelle 2.

<sup>22</sup> Doytchinov, S, EFD

Gehen die Einnahmen aus der Anschlussgebühr zurück, dann ist mit einer Erhöhung der Gebühren zu rechnen<sup>23</sup>. Diese ist besonders stark in Orten, in denen die Anschlussgebühr in die laufende Rechnung geflossen ist und nicht für Rückstellungen oder Investitionen verwendet wurde.

Der Druck, die Abwassergebühren signifikant zu erhöhen, wird Auswirkungen auf die Widerstände gegen den Anschluss- und Benutzungszwang im ländlichen Raum haben<sup>24</sup>. Die Diskussion über die wirtschaftliche Zumutbarkeit wird sich mit steigender Kostendifferenz zwischen zentraler und dezentraler Lösung zuspitzen. Die Systemfrage ergibt sich vor allem, wenn grosse Teile des Teilsystems im ländlichen Raum oder wesentliche Komponenten (z. B. Pumpen bei der Druckentwässerung) gemeinsam erneuert werden müssen<sup>25</sup>.

## 6.6. Organisation und Verwaltung

In vielen kleineren Gemeinden werden erhebliche Leistungen im Milizsystem erbracht. Können diese Positionen in den Bereichen Verwaltung und Organisation nicht mehr mit Freiwilligen besetzt werden, ergibt sich mittelfristig ein Bedarf, zusätzliches Personal zu beschäftigen oder die entsprechenden Dienstleistungen einzukaufen. Ein Vergleich der Leistungskennzahlen zwischen dem Kanton Bern und Bayern (D) ergibt Kostenpotentiale von 5-10%<sup>26</sup>.

## 6.7. Innovationszyklen und Technologieentwicklung

Sektortransformationen und Durchdringung der Abwasserentsorgung mit neuen Technologien benötigen typischerweise 15 bis 50 Jahre<sup>27</sup>. Im Bereich der Betriebsführung setzen sich Innovationen im Mittel schneller durch (etwa 10-20 Jahre)<sup>28</sup>. Die Geschwindigkeit, mit der sich eine Innovation durchsetzt, hängt von der Lebensdauer der Technologie und der Akteursstruktur ab. Die Abwasserentsorgung gilt insgesamt als eine konservative Branche. Schnelle Kostensenkungen durch neue Technologien sind daher unwahrscheinlich.

---

<sup>23</sup> Doytchinov, S, EFD

<sup>24</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

<sup>25</sup> Dominguez, AWA (pers. Mitteilung)

<sup>26</sup> Dominguez, AWA (pers. Mitteilung)

<sup>27</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

<sup>28</sup> Dominguez, AWA (pers. Mitteilung)

## 7. Gesamtwirtschaftliche Bedeutung

### 7.1. Einordnung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Abwasserentsorgung

Die heutige volkswirtschaftliche Leistungsfähigkeit der Schweiz wäre ohne eine funktionierende Abwasserentsorgung nicht denkbar. Dagegen ist der Beitrag der Siedlungswasserwirtschaft am Brutto-Inlandprodukt (BIP) gering. Die Umweltgesamtrechnung [BfS, 2010b] für das Jahr 2010 weist der Abwasserbeseitigung Ausgaben von 1.72 Mrd. CHF zu. Dies entspricht etwa 0.4% des BIP. Die Abfallwirtschaft, Luftreinhaltung und Lärmschutz sowie der Naturschutz werden mit 1.27 Mrd. CHF/a bzw. 0.47 Mrd. CHF/a und 0.41 Mrd. CHF/a verbucht. Zusammen ergibt dies Umweltdienstleistungen im Wert von 3.87 Mrd. CHF. Zum Vergleich: Das Gesundheitswesen in der Schweiz macht mit 58.5 Mrd. CHF einen Anteil von 10.7 % am BIP aus. Personenbezogen entstehen Kosten im Gesundheitssystem von über 7'580 CHF/E/a [BfS 2011].

Diese Zahlen zeigen deutlich, dass die Kosten für die Abwasserbeseitigung nur einen geringen Anteil des Einkommens ausmachen [BfS, 2009]<sup>29</sup>. Ein Gebührenanstieg hat nur geringe Auswirkungen für den Binnenkonsum<sup>30</sup> und hat damit kaum gesamtwirtschaftliche Auswirkungen. Die Abwassergebühr ist ein sensibles kommunalpolitisches Thema, so dass Gebührenerhöhungen für die Entscheidungsträger „politische Kosten“ verursachen können.<sup>31</sup>

Eine Untersuchung aus dem Jahr 1994 versuchte, die volkswirtschaftliche Bedeutung der Siedlungswasserwirtschaft, bestehend aus Abwasserentsorgung und Wasserversorgung, anhand der Beschäftigten zu beziffern [Lehmann, 1994]. Demnach werden etwa 5'000 Personen direkt in der Siedlungswasserwirtschaft beschäftigt und weitere 20'000 Personen indirekt. Eine Auswertung des Bundesamtes für Statistik [BfS, 2000] beziffert die Beschäftigten in der Entsorgung von Abwasser und Abfall auf 11'800 im Jahr 1999 und 8'555 im Jahre 1991.

Sowohl die Gesamtzahl der Beschäftigten in der Abwasserentsorgung als auch der Anteil am BIP zeigen, dass die Aufwendungen für die Abwasserentsorgung im ökonomischen Gesamtkontext eine untergeordnete Bedeutung haben. Gleichzeitig wird deutlich, dass hygienische Verhältnisse in Siedlungsgebieten, Überflutungsschutz und der Umweltschutz unverzichtbar für die gesamte wirtschaftliche Entwicklung ist. Diese Diskrepanz zeigt sich auch in der sozialen Wahrnehmung der Infrastruktur. Die Abwasserinfrastruktur ist für den Bürger „unsichtbar“, selbstverständlich und findet im Vergleich zu anderen Sektoren nur geringe Beachtung<sup>32</sup>.

---

<sup>29</sup> Bei einem Nettoeinkommen von 34'260 CHF ( $\pm$  20%-Quantil) (BFS, 2009) machen bei einem Vier-Personen-Haushalt Abwassergebühren von im Durchschnitt 450 CHF/a einen Anteil von 1.3% aus.

<sup>30</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

<sup>31</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

<sup>32</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

Überraschend ist, dass der Wirtschaftszweig der Wassertechnologien vergleichsweise unbedeutend ist<sup>33</sup>, obwohl in Zukunft in vielen Industrie- und Schwellenländern eine erhöhte Nachfrage nach Wasser- und Abwassertechnologien prognostiziert wird [Störmer und Binz, 2010]. Gründe liegen unter anderem im geringen Innovationsdruck in der Branche und der schlechten globalen Übertragbarkeit unserer zentralen Infrastruktursysteme (vgl. auch Modulbericht „Neue Technologien“).

## 7.2. Instrumente zur Kosten-Nutzen-Analyse in der Abwasserentsorgung

### *Überflutungsschutz und Meteorwasserbewirtschaftung*

Die allgemeinen Grundlagen sowie die Vorgehensweise zur Dimensionierung von Abwassertransportsystemen wurden im Modulbericht „Siedlungshydrologie“ umrissen. Ein wesentlicher Aspekt ist die Festlegung des Überflutungsschutzzieles in Abhängigkeit der Landnutzung. So werden beispielsweise in innerstädtischen Lagen oder in der Nähe von Unterführungen längere Wiederkehrintervalle für den Bemessungsregen (Überstaunachweis) angesetzt als für den ländlichen Raum. Hintergrund für diese Vorgehensweise ist die Abstufung des Aufwands für Bau und Betrieb relativ zum potentiellen Schaden. Dabei sind drei wichtige Einschränkungen zu beachten: (i) die Siedlungsentwässerung kann nicht die gleichen Wiederkehrintervalle ansetzen wie der Hochwasserschutz an Gewässern, (ii) die quantitative Abschätzung der Schäden ist sehr aufwendig (hydrodynamische Simulationen verbunden mit präziser Oberflächen-Abflussmodellierung) und (iii) mit dem Austritt von Mischwasser ist auch ein gesundheitliches Risiko verbunden.

### *Hygiene im urbanen Raum und Schutz der Wasserressourcen*

Hygienische Verhältnisse bereitzustellen und zu bewahren ist neben dem Überflutungsschutz die Hauptaufgabe der Abwasserentsorgung. Dies wird einerseits durch die Ableitung des Schmutz- und Regenwassers erreicht. Andererseits bieten die Abwasserreinigung und das gezielte Einleiten in einen Vorfluter Schutz, insbesondere vor der Kontaminierung der Trinkwasserressourcen. Der Bau der Kanalisation und damit die gezielte Ableitung des Schmutzwassers stellt eine der wichtigsten Faktoren für die Seuchenprävention, der Verringerung der Sterblichkeit und die Anhebung der Volksgesundheit dar [Brown, 2003]. Üblicherweise gibt es mehrere Barrieren zwischen der Abwasserent- und Wasserversorgung. Erst wenn diese alle versagen, kommt es zu ernststen Zwischenfällen. Die wesentlichen Aspekte im Bezug auf die Schnittstellen zwischen Abwasserentsorgung und Wasserversorgung wurden im Vorprojekt Wasserversorgung 2025 erläutert [Kunz et al., 2009]. Des Weiteren wird im Modulbericht „Gewässerökologie“ die Bedeutung der hygienischen Gewässerbelastung diskutiert.

Die Abwasserentsorgung leistet einen Beitrag zum Erhalt der Gewässergüte sowie zum Schutz der Trinkwasserressourcen und der Badegewässer. Schnittstellen sind (i) Einleitungen in Oberflächengewässer, (ii) Meteorwasserversickerung, (iii) Exfiltration von Abwasser und (iv) Drainagen (siehe dazu auch Modulbericht „Gewässerökologie“). Für die Wasserversorgung sind eine gute Gewässergüte und der Ressourcenschutz wichtige Aspekte, um eine kosteneffiziente und sichere Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser zu gewährleisten [Gujer, 2007]. Jährlich werden ca. 38% der Trinkwasserproduktion ohne weitere Aufbereitung abgegeben [Kunz et al., 2009]. Dies entspricht bei spezifischen Aufbereitungskosten von 0,2 CHF/m<sup>3</sup> einer rechnerischen Ersparnis von 80 Mio. CHF/a.

<sup>33</sup> Truffer, Eawag (pers. Mitteilung)

Während es international einige Versuche gab, die Kosten wasserbedingter Infektionskrankheiten zu bestimmen, ist zum Wert anderer Nutzungen wenig zu finden [Kunz et al., 2009]. Beispiele sind in Tabelle 11 aufgelistet. Die Vergleichbarkeit ist i.d.R. nicht gewährleistet, weil unterschiedliche Kosten in die Berechnungen aufgenommen wurden. Gleichzeitig sind natürlich die Krankheitsbilder und die Anzahl der erkrankten Personen sehr unterschiedlich. Für die Schweiz sind keine entsprechenden Studien bekannt, weder für einzelne Ereignisse noch für den wirtschaftlichen Nutzen der Abwasserentsorgung für die Gesundheit.

*Tabelle 11: Einige beispielhafte Studien über durch Abwasser verunreinigtes Trinkwasser verursachte Personenschäden bzw. die dadurch verursachten Kosten.*

<b>Erreger</b>	<b>Betrachtete Kosten</b>	<b>erkrankte Personen</b>	<b>Durchschnittliche Kosten pro Person</b>	
Cryptosporidose (USA, 1993)	medizinische Kosten, Produktionsausfall/ Erwerbsverlust	403'000	238 USD	[Corso, 2003]
Campylobacter (Schweden, 1990er )	medizinische Kosten, Erwerbsausfall, eigene Ausgaben (Flaschenwasser etc.), Untersuchungen Wasserversorgung, Erneuerung der UV-Anlage	3'000	1'570 SEK (351 CHF <sup>[58]</sup> )	[Andersson et al., 1997]
Shigella sonnei, Campylobacter (La Neuveville, CH, 1998)	keine Kostenbetrachtung	1'600		[Köster et al., 2002]
Legionella (Ganze Schweiz, 1998)	keine Kostenbetrachtung	78	8 Todesfälle	[Köster et al., 2002]
Salmonella typhii (Zermatt, CH, 1993)	keine Kostenbetrachtung	437		[Köster et al., 2002]

### *Vermeidung von Umweltkosten*

Die naturnahe Umwelt in der Schweiz ist ein wichtiges Gut für verschiedene Wirtschaftszweige. Besonders hervorzuheben sind der Tourismus sowie die Land- und Forstwirtschaft (einschl. Fischerei). Zudem trägt eine intakte Umwelt und damit auch eine gute Gewässergüte zu einem positiven Erscheinungsbild der Schweiz im In- und Ausland bei [Kunz et al., 2009]. Wasser leistet als Umweltressource einen wichtigen Beitrag zum Freizeitwert (z. B. Badegewässer) und zur Naherholung der Bevölkerung. Die Abwasserentsorgung leistet einen wichtigen Beitrag dazu, die chemische Qualität der Gewässer zu schützen. Der Gesamtwert dieser Massnahmen ist in der Schweiz nicht quantifiziert.

### Ökonomische Methoden zur Kosten-Nutzen-Analyse

In den Kapiteln 0 bis 0 wurden einige Aspekte aufgezeigt, die bei einer wirtschaftlichen Analyse der Abwasserentsorgung zu beachten sind. Es gibt zahlreiche Untersuchungen, die natürlichen Ressourcen, natürlichen Umweltleistungen<sup>34</sup> oder anderen *nonmarket goods* einen Wert zuordnen [Kahn, 1998; UKWIR, 2007]. Bei der Wertbestimmung ist zwischen direkten und indirekten Werten zu unterscheiden. Die Abwasserentsorgung trägt zum Erhalt der direkten Nutzungen (z. B. Wassergewinnung für die Industrie, Gesundheitsvorsorge) und der indirekten Nutzungen (z. B. Ästhetik der Wasserkörper, zukünftige Nutzungen) bei [Kahn, 1998]. Beispiele für diese Ansätze sind *Revealed Preference Techniques* (z. B. *Travel Cost Model*) oder *Stated Preference Techniques (Contingent Valuation, Conjoint analysis)* [Kahn, 1998]. Die *Revealed Preference Techniques* formulieren einen funktionalen Zusammenhang zwischen einer messbaren Wertentwicklung eines gehandelten Gutes auf Basis einer Kaufentscheidung und der Veränderung einer oder besser mehrerer Umweltzustände. Aus dieser Funktion lässt sich eine Zahlungsbereitschaft (*willingness to pay*) ableiten. Die zweite Gruppe von Ansätzen, *Stated Preference Techniques*, verwendet Befragungsergebnisse, um die Funktion der Zahlungsbereitschaft zu ermitteln [Kahn, 1998].

Mit letzterem Ansatz wurde mittels der Conjoint-Analyse die Zahlungsbereitschaft der Schweizer Bevölkerung für Anpassungsmassnahmen in der Siedlungsentwässerung zum Klimawandel ermittelt [63]. Die repräsentativen Umfrageergebnisse zeugen von einer hohen Bereitschaft, zusätzliche Kosten für Anpassungsmassnahmen zu tragen. Zum Beispiel waren insgesamt 56% der Teilnehmenden bereit, zusätzliche Gebühren zu bezahlen, um die Risiken von Abwasserüberflutungen und Mischwasserentlastungen zu vermindern. Die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft lag bei rund 240 CHF pro Person und pro Jahr. Um Mischwasserentlastungen zu reduzieren, wären die Teilnehmenden bereit, mehr zu bezahlen (302 CHF, 71% der Befragten wären bereit zu bezahlen). Die Zahlungsbereitschaft zur Reduktion von Strassenüberflutungen lag bei 237 CHF pro Jahr und Person (53% der Befragten würden bezahlen) [Chawla et al., 2011]. An diesem Beispiel werden die beiden wichtigsten Kritikpunkte dieser Methoden deutlich:

- Die absolute Höhe der Werte ist nur schwierig zu interpretieren. Sie dienen vor allem als Indikatoren für die (hohe) Wichtigkeit.
- Die aus der Wirtschaftstheorie entlehnten Methoden zur Produktbewertung wie das Konzept der „Willingness to pay“ gehen von einer kontinuierlichen Kostenfunktion aus. Der Schnittpunkt zwischen der Zahlungsbereitschaft und der Kostenfunktion des Herstellers ist der resultierende Preis. Bei der Abwasserentsorgung ist diese Voraussetzung jedoch nicht erfüllt. Weil es sich um natürliche Monopole handelt, findet keine freie Preisgestaltung statt.

Die Umweltökonomie bietet eine Reihe von Methoden, die es erlauben, Eingriffe und Massnahmen im Sinne einer Kosten-Nutzen-Analyse zu bewerten. Damit können die Entscheidungsfindungen auf verschiedenen Ebenen, von Projekt- über Programm- bis hin zur Politikebene, unterstützt werden [UKWIR, 2007], [Kahn, 1998]. Mit der fortgeschrittenen Privatisierung der Abwasserentsorgung und der Einführung von Leistungskennzahlen ist in Grossbritannien die Bedeutung dieser Analysen stark angewachsen [OFWAT, 2004]. Für die Schweiz fehlen jedoch umfängliche Erfahrungen dazu, wie (i) die örtlich gewachsenen Strukturen in der Abwasserentsorgung angemessen in die Kosten-Nutzen-Analyse eingebracht werden können, und (ii) wie die Ergebnisse in die Entscheidungsunterstützung

<sup>34</sup> Übersetzung des Autors: „ecological services“

auf lokaler und überregionaler Ebene eingebracht werden können, ohne die Transparenz zu beeinträchtigen.

## 8. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen

Es ist unbestritten, dass die Dienste der Abwasserentsorgung ausserordentlich wichtig sind. Dennoch ist über die gesamtwirtschaftliche Bedeutung der Abwasserentsorgung wenig bekannt. Die Gesamtkosten der Abwasserentsorgung sind z. B. im Vergleich zu den Kosten im Gesundheitssystem sehr gering. Ein Vergleich mit dem Gesamtnutzen der Infrastruktur ist derzeit nicht möglich, da dieser für die Schweiz nicht quantifiziert wurde. Dennoch nehmen die Abwassergebühren eine besondere Stellung in der öffentlichen Diskussion ein.

Bei der Kosten- sowie Gebührenentwicklung können für den Bereich der Abwasserreinigung Abschätzungen gemacht werden, die in Tabelle 12 zusammenfassend dokumentiert sind. Werden die Steigerungsraten aufsummiert, ergeben sich potentielle Kostensteigerungen von 15% bis 54% (gemäss den Angaben von Vettori et al., der bis ins Jahr 2050 23% bis 43% höhere Kosten prognostiziert). Für die Siedlungsentwässerung gibt es keine vergleichbaren Angaben in der Literatur.

*Tabelle 12: Zusammenfassung der prognostizierten Kostenentwicklung für die Abwasserentsorgung*

	<b>Abwasserreinigung</b>		<b>Siedlungsentwässerung</b>
Bevölkerungszuwachs	5 - 15%	[Vettori et al., 2011]	unbekannt
Gewässerschutzanforderungen	10% - 15%	[Abegglen et al., 2011]	unbekannt
Klimawandel	gering	[Vettori et al., 2011]	unbekannt
Reinvestition (Fremdkapital)*	0% - 24%		

\*viele Abhängigkeiten wie Zins etc.; Bezugszeitpunkt 2025

*Tabelle 13: Zusammenfassung der prognostizierten spez. Kostenentwicklung (Gebühren) für die Abwasserentsorgung für den Bezugszeitpunkt 2025.*

	<b>Abwasserreinigung</b>	<b>Siedlungsentwässerung</b>
Bevölkerungszuwachs	keine Auswirkungen oder Rückgang	unbekannt
Gewässerschutzanforderungen	Zunahme abhängig vom Finanzierungsmodell für Elimination Mikroverunreinigungen	unbekannt
Klimawandel	proportional zu den Kostensteigerungen	
Reinvestition (Fremdkapital)*		6% - 24%
Kostendeckung der Betriebsgebühren		30% - 35%

\*viele Abhängigkeiten wie Zins etc.; Bezugszeitpunkt 2025

Nicht alle Kostensteigerungen bewirken einen Anstieg bei den nutzerspezifischen Kosten und damit indirekt der Gebühren, wie Tabelle 13 zusammenfasst. So wirkt sich beispielweise der antizipierte Bevölkerungszuwachs nicht oder sogar rückläufig auf die Abwassergebühr aus. Ob der Ausbau der Ab-

wasserreinigung zu Gebührensteigerungen führt, hängt wesentlich von den Finanzierungsmodellen ab, die derzeit noch in Diskussion sind. Weitere Aspekte, die noch nicht vollständig geklärt sind, sind Ursachen und Wirkungen der nominellen Unterdeckung der Kosten durch die Benutzungsgebühren. Unter der Annahme, dass in Zukunft die Betriebsgebühren die entstehenden Gesamtkosten decken, wäre eine Steigerung der Abwassergebühr um zusätzliche 30 % bis 35 % die Folge<sup>35</sup>.

Auf nationaler Ebene können die folgenden Empfehlungen gemacht werden. Die Auflistung impliziert keine Bewertung oder Priorisierung:

- *Wirtschaftliche Bedeutung der Abwasserentsorgung*: Heute liegen wenig bis keine Fakten über die volkswirtschaftliche Bedeutung der Abwasserentsorgung vor. Weder ist die Bedeutung für die Ökonomie (z. B. Serviceleistungen, die die Industrie erhält) noch ist der Gesamtnutzen, den die Infrastrukturen schaffen, quantifiziert.

W-1a: Es soll eine Branchenbeschreibung erstellt werden, die die Leistungen der Abwasserentsorgung zusammenfasst und kommuniziert.

W-1b: Der Gesamtnutzen der Abwasserentsorgung soll mit aktuellen umweltökonomischen Methoden quantifiziert werden.

- *Internalisierung externer Umweltkosten*: Das Verursacherprinzip verlangt, dass auch indirekte Kosten auf den Verursacher übertragen werden. Häufig entfalten die Eingriffe oder Verschmutzungen überregionale Wirkungen oder es ist sinnvoller, nur örtlich gebündelte Massnahmen durchzuführen. Beispiele dazu sind die Nitratproblematik in der Nordsee, REP Birs<sup>36</sup>, oder die Elimination von Mikroverunreinigungen. Weil die Abwassergebühr durch die Gemeinden erhoben wird und zweckgebunden ist, ist derzeit kein allgemeines Ausgleichsinstrument vorhanden, das auf regionaler Ebene eingesetzt werden kann.

W-2: Es sollten einheitliche Methoden und Ausgleichsverfahren zur Umlegung überregionaler, externer Umweltkosten auf den Verursacher geschaffen werden.

- *Investitionsstau*: Es kann nicht abschliessend beurteilt werden, ob es im Bereich öffentlicher Kanalisationen einen Investitionsstau gibt und ob die im Moment investierten Summen dazu geeignet sind, die Leistung der Siedlungsentwässerung langfristig zu erhalten.

I-4: Es sollte untersucht werden, wie die Sanierungsverläufe in Kanalisationen typischerweise aussehen sollten und ob es in der Schweiz einen Sanierungs- und Investitionsstau gibt. Dazu gehört auch eine Untersuchung der durchschnittlichen effektiven Lebensdauer von Kanälen.

<sup>35</sup> Für 2008 wird die Unterdeckung mit 536 Mio. angegeben (siehe dazu Bild 3). Geht man davon aus, dass die Abwasserreinigung zu 100% gedeckt wird und die Gesamtkosten gemäss VSA 2.2 Mrd. CHF sind, dann werden heute 1.7 Mrd. Gebühren bezahlt und die volle Kostendeckung entspricht einem Anstieg von 32 % (bezogen auf die 1.7 Mrd.).

<sup>36</sup> Da stellt sich z. B. die Frage, ob die Stadt Basel Massnahmen im Oberlauf der Birs (JU) mitfinanzieren soll oder kann.

- *Leistungsdefinitionen und -indikatoren:* Benchmarking- und Vergleichssysteme sind eine sinnvolle Ergänzung, um die Kommunikation zwischen den Entsorgungsbetrieben zu fördern. Eine wichtige Anforderung ist jedoch, dass die Robustheit der Parameter und Randbedingungen für die Bewertung langfristiger Planungsziele gewährleistet ist.

P-2a: Es sollten messbare Zielgrößen definiert werden, welche die unterschiedlichen Massnahmen zum (Integrierten) Einzugsgebietsmanagement quantifizieren, bewerten und über Kantonsgrenzen hinweg vergleichbar machen. Dies schafft die Voraussetzungen, um Defizite zu identifizieren, das Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu quantifizieren und den Erfolg bei der Umsetzung in der gesamten Schweiz zu erheben.

P-2b: Für Einzugsgebiet-Management-Projekte sollte eine vergleichende Erfolgskontrolle gemacht werden.

P-3: Es sollten Leistungsvorgaben für die gesamte Siedlungsentwässerung und Methoden für deren Überwachung entwickelt und eingeführt werden.

P-7: Für den Betrieb der Abwasserinfrastrukturen sollen Leistungskennzahlen entwickelt und veröffentlicht werden.

H-3: Die Auswirkung (Quantität und Qualität) von fehlerhaften Leitungen in der Siedlungswasserwirtschaft sollte erfasst werden. Quantität: Dazu sollten z. B. neue Methoden für die Bestimmung der Abwasserverluste aus der Kanalisation und Massnahmen zur Überprüfung von Fehlfunktionen und Fehlan schlüssen entwickelt werden. Qualität: Die Auswirkungen von Abwasserexfiltrationen auf die Grundwasserqualität sollten beschrieben werden.

- *Mikroverunreinigungen:* Die Massenflüsse von Mikroverunreinigungen in Niederschlagswasser-einleitungen aus dem Misch- und Trennsystem gefährden unter bestimmten lokalen Randbedingungen die Gewässerschutzziele.

W-3: Die Umsetzung und die Investitionsfolgen der Anwendung der STORM-Richtlinie sind zu ermitteln, um im Weiteren Schlussfolgerungen bzgl. möglicher Investitionen zum Rückhalt von Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen zu ermitteln.

*Siehe dazu auch die folgende Empfehlung:*

A-2: Die Spurenstoff-Massenflussströme, die die Eintragspfade von Spurenstoffen in die Umwelt charakterisieren, sollten quantifiziert werden. \*aus abgeleitetem Regenwasser \*aus Kanälen (Mischwasser, Fehlan schlüsse, Exfiltration)

- *Abwassergebühren im Wandel:* Neben den Kosten für die Abwasserbeseitigung sind für die Höhe der Gebühren noch eine Reihe weiterer finanztechnischer Faktoren massgeblich. Dazu gehören Entscheide zum Fremd- und Eigenfinanzierungsgrad, Zinssätze, Rückstellungen,

Aufteilung in Investitions- und laufende Rechnung, Planungshorizonte etc. In der Schweiz sind die unterschiedlichsten Modelle anzutreffen.

W-4. Es sollten nationale Vorgaben für die Finanzierung langfristiger Infrastrukturbauten gemacht werden, um die Gebührensituation zu stabilisieren und die Vergleichbarkeit zu erhöhen.

## 9. Referenzen und Quellen

### 9.1. Persönliche Mitteilungen

1. Truffer, Bernhard, Prof. Dr., Eawag, Interview am 24. Aug. 2011.
2. Dominguez, Damian, Dr., Amt für Wasser und Abfall des Kanton Bern (AWA), Telefoninterview am 12. Sept. 2011.
3. Doytchinov, Silvia, Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD), E-mailkorrespondenz mit S. Binggeli vom 2. Sept. 2011.
4. Tilley, Elizabeth, ETH Zürich NADEL, Email vom 14. Sept. 2011.

## Literaturverzeichnis

- Abegglen, C., Beier, S., Pinnekamp, J., Mauer, C., Siegrist, H. (2011). Mikroverunreinigungen. Energieverbrauch und Kosten weitergehender Verfahren auf kommunalen ARA. gwa 7. 2011, p. 479-486.
- Alegre, H. (2009). Current Drivers, Challenges and trends of Infrastructure Asset Management. in WEF/EWA/JSWA Joint Symposium on Asset Management of Wastewater Utilities. 2009. Tokyo.
- Andersson, Y., deJong, B.; Studahl, A. (1997). Waterborne Campylobacter in Sweden: The cost of an outbreak. Water Science and Technology, 1997. 35(11-12): p. 11-14.
- AWEL (2004). Überwachung der privaten Abwasseranlagen (Grundstücksentwässerungsleitungen) im Kanton Zürich. 2004, Baudirektion des Kantons Zürich: Zürich.
- AWEL (2007a). Muster einer Verordnung über die Siedlungsentwässerungsanlagen (SEVO) - Verordnungstext und Kommentar. AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft. Baudirektion Kanton Zürich, 2007.
- AWEL (2007b). Wegleitung zum finanziellen Führungssystem der Wasserver- und Abwasserentsorgung - Empfehlungen. AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Baudirektion Kanton Zürich, Direktion der Justiz und des Innern, Gemeindeamt des Kantons Zürich: Zürich, 2007.
- BAFU (2009). Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur. Umwelt-Wissen. Vol. 20/09. 2009, Bern: Bundesamt für Umwelt.
- BDEW (2010). VEWA-Survey. Comparison of European Water and Wastewater Prices. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Berlin, 2010.
- Berger, C.; Falk, C. (2009). Zustand der Kanalisation 2009. wwt, 2011(4): p. 37-43.
- BfS (2000). Der ökonomische Sektor in der Schweiz - Schätzung der Anzahl Beschäftigter und des Umsatzes 1998. Bundesamt für Statistik: Neuchâtel. 2000.
- BfS (2009). Quantilsgrenzen (monatlicher Nettolohn), Voll- und Teilzeitbeschäftigte nach Beschäftigungsgrad und Geschlecht privater und öffentlicher Sektor (Bund, Kantone, Bezirke, Gemeinden, Körperschaften) zusammen. Bundesamt für Statistik: Neuchâtel.  
[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/04/blank/data/01/06\\_01.Document.131352.xls](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/04/blank/data/01/06_01.Document.131352.xls).

- BfS (2010). Kosten und Finanzierung des Gesundheitswesens Detaillierte Ergebnisse 2008 und jüngste Entwicklung, in Aktuel. 2011, Bundesamt für Statistik: Neuchâtel. p. 36.
- BfS (2010). Öffentliche Umweltschutzausgaben. Bundesamt für Statistik: Neuchâtel. 2010  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/05/blank/data.Document.20763.xls>
- BfS (2010). Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010 - 2060. Bundesamt für Statistik: Neuchâtel, 2010.
- BfS (2010). Umweltschutzausgaben der Unternehmen 2009, nach Branchen, Grössenklasse und Ausgabenart.  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/05/blank/data.Document.148128.xls>.
- BfS (2011). Deckungsgrad der öffentlichen Ausgaben für die Abwasserbehandlung.  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/05/blank/ind22.Document.139612.xls>.
- BMG (2011). Mikroverunreinigungen: Situationsanalyse Bericht zur Belastungslage der Oberflächengewässer. Studie im Auftrag des BAFU. BMG Engineering AG: Schlieren, 2011.
- Brown, A.D. (2003) Feed or feedback: agriculture, population dynamics and the state the Planet; International Books Utrecht, the Netherlands. ISBN 90 5727 048X
- Bundesrat (1998), Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. Juli 2008). 1998, Schweizer Bundesrat, Bern.
- Bundesversammlung (1991). Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. Januar 2011). Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Bern 1991.
- Buwal (2003). Kosten der Abwasserentsorgung. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft (Buwal), Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr 42: Bern 2003.
- BV (1999). Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am 1. Januar 2011). Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Chawla, F.; Veronesi, M.; Maurer, M.; Lienert, J. (2010). Ökonomische Bewertung und Wahrnehmung von persönlichen und Umwelt-Risiken im Abwasserbereich: Beispiel aus einer repräsentativen "Conjoint-Analyse"-Umfrage in der Schweiz. Eawag, Studie im Auftrag des BAFU: Dübendorf. 2011.
- Corso, P.S.; Kramer, M.H.; Blair, K.A.; Addiss, D.G.; Davis, J.P.; Haddix, A.C. (1993). Cost of illness in the 1993 waterborne Cryptosporidium outbreak, Milwaukee, Wisconsin. Emerging Infectious Diseases, 2003. 9(4): p. 426-431.
- Doytchinov, S. (2011). FS-Modell Funktion Abwasserentsorgung. Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD). Email von Doytchinov, Silvia, 2011, 2. September 2011.
- EVD (2011). Preisvergleich der Abwasserentsorgung in der Schweiz. Eidg. Volkswirtschaftsdepartement EVD. <http://www.preisvergleiche.preisueberwacher.admin.ch/?z=3&c=1>.
- Gianella, S.; Maurer, M. (2006). Infrastrukturmanagement - Internationale Standortbestimmung für den Wasser- und Abwassersektor. gwa 9, 2006, p. 733-742.
- Gujer, W. (2007). Siedlungswasserwirtschaft. 3., bearb. Aufl., 2007, Berlin: Springer.

- Herlyn, A.; Maurer, M. (2007a). Status quo der Schweizer Abwasserentsorgung. Kosten, Zustand und Investitionsbedarf. gwa 3, 2007, p. 171-176.
- Herlyn, A.; Maurer, M. (2007b) Was ARA und Kanalisation kosten. Umwelt Perspektiven, 2007: p. 20-21.
- ISO (20xxa). ISO 24510 - The Assessment and Improvement of the Service to Users. in prep, International Standard Organization.
- ISO (20xxb). ISO 24511 - Guidelines for the Management of Utilities and for the Assessment of Waste Water Services. in prep, International Standard Organization.
- Kahn, J.R. (1998). The Economic approach to Environmental and Natural Resources. 2nd ed. 1998, Dryden Press, Fort Worth.
- Kanton AG (2009). Finanzierung der Abwasserentsorgung. Kanton Aargau. Verfasser: Gemeindeabteilung, Departement Volkswirtschaft und Inneres in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Umwelt, Departement Bau, Verkehr und Umwelt. Kanton Aargau, 01.07.2009.  
[http://www.ag.ch/umwelt/shared/dokumente/pdf/afu\\_ordner\\_se\\_kapitel\\_7.pdf](http://www.ag.ch/umwelt/shared/dokumente/pdf/afu_ordner_se_kapitel_7.pdf).
- Kanton BE (2000). Spezialfinanzierung der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR), Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (GSA), Wasser- und Energiewirtschaftsamt (WEA).Kanton Bern, 2000.
- Kanton GR (1997). Einführungsgesetz zum Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Kantonales Gewässerschutzgesetz, KGSchG), Chur, 1997.
- Kluge, T.; Libbe, J. (2006). Transformation netzgebundener Infrastruktur - Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser. Difu-Beiträge zur Stadtforschung. Vol. 45. 2006, Deutsches Institut für Urbanistik: Berlin.
- Köster, S.; Siekmann, M.; Stauer, P.; Beier, S.; Pinnekamp, J. (2010). Water oriented city planning as key impulse for sustainable urban development. in IWA World Water Congress and Exhibition. 2010. 19-24 September 2010 Montréal, Canada.
- Köster, W., T. Egli, and A. Rust, Krankheitserreger im (Trink-)Wasser? EAWAG News, 2002. 53: p. 26-28.
- Kunz, Y.; Maurer M.; von Gunten, U. (2009). Wirtschaftliche Aspekte, in Wasserversorgung 2025 - Vorprojekt 2009, Eawag: Dübendorf.
- Lang, T. (2006). Verursacher- und Solidaritätsprinzip bei Abwassergebühren - Hinweise und Empfehlungen zu Gebührenmodellen, Praxis-Beispiele.  
<http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/ae/siedlung/div/gebuehrenmodelle.pdf>.
- Lehmann, M. (1994). Volkswirtschaftliche Bedeutung der Siedlungswasserwirtschaft. gwa, 6, 1994. p. 442-447.
- Lehmann, M.; Honegger, M. (2006). Finanzmanagement in der Siedlungswasserwirtschaft - Erhebung 2006. Kommunale Finanzberatung Zürich im Auftrag des Amts für Abfall, Wasser, Energie und Luft: Zürich, 2008.
- Maurer, M.; Herlyn, A. (2006). Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf, 2006.

- Maurer, M.; Wolfram, M.; Herlyn, A. (2010). Factors affecting economies of scale in combined sewer systems. *Water Science and Technology*, 2010. 62(1): p. 36-41.
- Moser, D.; Pfammatter, R.; Ribi, F.; Zysset, A. (2009). Überblick finanzielle Kenngrößen der Schweizer Wasserwirtschaft. Expertenbericht. Ernst Basler + Partner im Auftrag des BAFU und des UVEK: Zollikon, Dezember 2009.
- Müller, A.; Kramer, D. (1998). Spezialfinanzierung Abwasser und Altlasten: Resultate einer Umfrage bei ausgewählten Kantonen. [http://www.ecoplan.ch/download/asz\\_umfrage\\_de.pdf](http://www.ecoplan.ch/download/asz_umfrage_de.pdf).
- Müller, A.; Kramer, D. (2000). Marktwirtschaftliche Instrumente in der Abwasserentsorgung., ecoplan: Bern. p. 28, 2000.
- OECD (2011\_a). Monthly comparable price levels. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CPL>.
- OECD (2011\_b). Purchasing Power Parities for GDP and related indicators. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PPPGDP>.
- OFWAT (2004). Ofwat methodological framework for calculating present value schemes costs to contribute to Cost Benefit Appraisal. The Water Services Regulation Authority (Ofwat): Birmingham.
- Palm, N.J. (2006). Beitrag zur Erweiterung des Einsatzes ökonomischer Instrumente im Rahmen einer gesamtheitlichen Flussgebietsbewirtschaftung. 2006, Aachen: Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen. 141.
- Schalcher H. R.; Boesch, H.-J.; Bertschy, K., Sommer, H.; Matter, D.; Gerum, J.; Jakob, M. (2011) Was kostet das Bauwerk Schweiz in Zukunft und wer bezahlt dafür? Nationales Forschungsprogramm "Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung" (NFP 54), ISBN 978-3-7281-3397-7
- Schraner, R. (2007). HRM2 in der praktischen Umsetzung der Gemeinde Fislisbach (Harmonisiertes Rechnungslegungsmodell für die Kantone und Gemeinden), in Institut für Verwaltungsmanagement, Zürcher Hochschule Winterthur. 2007: Winterthur.
- Staufer, P.; Haussmann, R. (2007). Erstellung von Fremdwasserkonzepten, in 40. Essener Tagung. 2007, Schriftenreihe Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen: Aachen. p. 41/1-41/14.
- Staufer, P.; Siekmann, M.; Roder, S. (2008). Sustainable development of regional water resources management confronting climate trends and extreme weather. in 11th International Conference on Urban Drainage. 2008. Edinburgh, Scotland, UK.
- Störmer, E.; Binz, C. (2010). Zukunft der dezentralen Wassertechnologien - Mögliche Massenmärkte und neue Lösungsansätze für Onsite-Technologien in der Siedlungswasserwirtschaft. Bericht der Experteninterview-Kampagne. Eawag: Dübendorf, 2010.
- UKWIR (2007). The role and application of cost benefit analysis - Volume 1: Generic Guidance. UK Water Industry Research (UKWIR), Rep. No. 07/RG/07/9: London, 2007.
- UVEK (2009). Eintrag von organischen Spurenstoffen in die Gewässer - Erläuternder Bericht zur Änderung der Gewässerschutzverordnung (GSchV). Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Bern, 2009.

UVEK (2010). Leitsätze der nationalen Infrastrukturstrategie bis 2030. in Faktenblatt vom 17.9.2010. Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Bern, 2009.

<http://www.uvek.admin.ch/infrastrukturstrategie/02571/02578/02610/index.html?lang=de>

Vettori, A., et al., Finanzierung der Umweltinfrastruktur. (Entwurf 2011) BG Ingenieure und Berater, Infrac im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU): Bern.

Vollenweider, S.; Bukowiecki, A.; Dominguez, D.; Maurer, M. (2011). Management kommunaler Netzinfrastuktur. Standortbestimmung und Handlungsbedarf am Beispiel des Wassersektors. gwa, 5, 2011, p. 309-314.

VSA/KI (2011). Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung - Erhebung 2010. Verband der Schweizerischen Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA), Glattbrugg, 2011.

Winterthur (2010). Liegenschaftsentwässerung - Eine Informationsbroschüre der Stadtentwässerung Winterthur für Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer

[http://bau.winterthur.ch/fileadmin/user\\_upload/Tiefbauamt/Dateien/ZZZ\\_Online-Schalter/3\\_Planen\\_u\\_Bauen/32\\_Private\\_Bauvorhaben/321\\_Liegenschaftsentwaesserung\\_Broschuere\\_00.pdf](http://bau.winterthur.ch/fileadmin/user_upload/Tiefbauamt/Dateien/ZZZ_Online-Schalter/3_Planen_u_Bauen/32_Private_Bauvorhaben/321_Liegenschaftsentwaesserung_Broschuere_00.pdf)

Zysset, A.; Pfammatter, R.; Hugli, C., Zichel, B. (2007). Systemanalyse Wasserwirtschaft Schweiz. Ernst Basler + Partner im Auftrag des BAFU: Zollikon. 2007.

# Abwasserentsorgung 2025

## 3 Infrastruktur des Abwassersystems

Fabienne Chawla und Max Maurer

Dübendorf, August 2012



## Inhalt

Zusammenfassung .....	- 111 -
1. Organisation der Abwasserentsorgung .....	- 112 -
2. Kennzahlen .....	- 114 -
3. Zustand, Alter und Sanierungsbedarf .....	- 115 -
4. Kosten und Gebühren .....	- 118 -
5. Informations- und Datenfluss .....	- 120 -
6. Entwicklung der Abwasserinfrastrukturen .....	- 122 -
7. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen .....	- 123 -
8. Referenzen und Quellen .....	- 126 -

**Berichtsexperte Eawag:** Max Maurer

**Titelfoto:** Kläranlage Werdhölzli, Zürich

## Zusammenfassung

Mit rund 120 Mrd. CHF Wiederbeschaffungswert und jährlichen gesamtwirtschaftlichen Kosten von rund 3,0 Mrd. CHF ist die Abwasserinfrastruktur wirtschaftlich bedeutend. Die meisten infrastrukturelevanten Aufgaben wurden an die Gemeinden delegiert. In der Schweiz werden für die beiden Hauptelemente der Abwasserentsorgung, Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und Siedlungsentwässerung (SE), unterschiedliche Lenkungsinstrumente vorgeschrieben. Für die ARA existieren leistungsabhängige Zielvorgaben, die von den Kantonen überwacht werden. In der Siedlungsentwässerung werden Planungsinstrumente (GEP, REP) vorgegeben. Diese Unterscheidung führt zu einer Reihe von unterschiedlichen Auswirkungen für ARA und Kanalisation.

Auf kantonaler und nationaler Ebene sind relativ viele Informationen über die ARA, aber nur sehr spärliche bis keine über die SE verfügbar. Aus diesem Grunde kann nicht beurteilt werden, ob es im Bereich öffentlicher Kanalisationen einen Investitionsstau gibt und ob die im Moment investierten Summen dazu geeignet sind, die Leistung der Siedlungsentwässerung langfristig zu erhalten.

Es ist davon auszugehen, dass die Kosten und Gebühren in Zukunft lokal steigen können. Gründe dafür sind unter anderem: die Abnahme der stillen Reserven, ein vermehrter Sanierungsbedarf, erhöhte Kapitalkosten, Massnahmen zur Entfernung von Mikroverunreinigungen und die Anpassungen an den Klimawandel.

Der Wert der SE-Daten aus der ersten GEP-Erhebung wird auf rund 511 Mio. CHF geschätzt. Dazu gehören die Aufwendungen für die Zustandserhebungen und das Erheben/Nachführen der Kataster. Durch die im neuen GEP-Musterpflichtenheft vorgesehene Ersterhebung der Liegenschaftsentwässerung wird der Gesamtwert auf rund 800 Mio. CHF steigen. Es besteht im Moment die Gelegenheit (GEP-Musterpflichtenheft, GeoIV, VSA/DSS-Datenmodell und Bedürfnisse NUS), mit gezielten Massnahmen die Datenhaltung und den Informationsfluss nachhaltig zu verbessern.

Obwohl die Abwasserinfrastruktur in der Schweiz gebaut ist, gibt es eine Reihe von Entwicklungstendenzen, die die Infrastrukturen verändern und substantiell prägen können. Dazu gehören unter anderem die integrative Betrachtung von Netz und Reinigung und die Optimierung des Gesamtsystems (z.B. neue dezentrale Abwasserinfrastrukturen oder die Neubewertung von Trenn- und Mischkanalisation).

Der Modulbericht schliesst mit einer Reihe von Schlussfolgerungen und Empfehlungen ab.

# Organisation der Abwasserentsorgung

## 1.1. Bundesebene

Gemäss der Bundesverfassung<sup>1</sup> (Artikel 76) muss der Bund die Gesetze über den Gewässerschutz erlassen. Auf Bundesebene sind das Gewässerschutzgesetz (GSchG; 24.01.1991) und die Gewässerschutzverordnung (GSchV; 28.10.1998) die Grundlagen für die Erstellung der Abwasserinfrastruktur. Gemäss Gesetz müssen die Kantone für die Erstellung öffentlicher Kanalisationen und zentraler Kläranlagen sowie den wirtschaftlichen Betrieb der Abwasserinfrastruktur sorgen. Zusätzlich müssen sich die Kantone vergewissern, dass ein genereller (GEP) oder bei Bedarf ein regionaler Entwässerungsplan (REP) entwickelt wird. GEP und REP sind Werkzeuge für die Planung der Entwässerung.

Auf Bundesebene sind die Forderungen für den GEP und den REP in der GSchV (Artikel 4 und 5) beschrieben, wenn auch nicht sehr detailliert. Der GEP muss unter anderem die Gebiete, wo die öffentliche Kanalisation gebaut wird, und die Standorte der zentralen Kläranlage festlegen. Die Kantone haben die Freiheit, die präzisen Anforderungen des GEP und REP zu definieren.

Basierend auf den GSchG und GSchV werden für die Abwasserreinigungsanlagen und die Siedlungsentwässerung unterschiedliche Lenkungsinstrumente eingesetzt. Für die Abwasserreinigungsanlagen sind, basierend auf den Zielvorgaben für die Gewässer, leistungsabhängige Zielvorgaben (Grenzwerte für verschiedene Parameter, wie gesamte ungelöste Stoffe, BSB<sub>5</sub> oder DOC, im ins Gewässer eingeleiteten kommunalen Abwasser; siehe Annex 3 der GSchV) möglich. Für die Siedlungsentwässerung werden Planungsinstrumente (GEP, REP) vorgegeben.

## 1.2. Kantonale Ebene

Die Kantone müssen das GSchG und die GSchV anwenden. Während sich die Vorgaben für Kläranlagen direkt daraus ableiten lassen, sind die Forderungen für die Abwasserinfrastruktur in den kantonalen Gesetzen definiert und sehen je nach Kanton unterschiedlich aus. Die Verantwortlichkeit für die Erstellung der Abwasserinfrastruktur und des GEP wird in den meisten Fällen den Gemeinden übertragen.

Die Forderungen, nach denen sich der GEP richten muss, sind normalerweise nicht in den kantonalen Gesetzen verankert, sondern sie werden von dem verantwortlichen kantonalen Amt („AWEL“ in Zürich, „Dienststelle für Umweltschutz“ im Wallis, „SESA“ im Waadt,...) definiert. Diese Vorgaben richten sich oft an den GEP-Arbeitsgrundlagen des Verbands Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) aus. Die Kantone müssen die GEP kontrollieren und genehmigen. Diese Kontrollfunktion wird durch die einzelnen Kantone sehr unterschiedlich wahrgenommen. Auf kantonaler Ebene sind meist zwischen ein und zwei Personen pro 100'000 Einwohner für die Abwasserinfrastruktur angestellt (Chaix *et al.*, 2008). Mit weniger als einer Person für 100'000 Einwohner leiden z. B. die Kantone Neuenburg und Waadt unter einem Mangel an Fachleuten.

---

<sup>1</sup> <http://www.admin.ch/ch/d/sr/101/index.html>

### 1.3. Gemeinde-Ebene

In der Schweiz sind die Gemeinden im Allgemeinen für die Abwasserentsorgung zuständig. Sie können entweder allein ein Kanalnetz und eine Kläranlage führen oder sie können diese Aufgabe abtreten. Aufgrund der Komplexität des Kläranlagenbetriebs haben die meisten Gemeinden von dieser Abtrittsmöglichkeit Gebrauch gemacht. Lediglich 410 Gemeinden (> 500 EW<sup>2</sup>) betreiben ihre eigene Kläranlage, alle anderen sind in Gemeindeverbänden organisiert oder sind in kantonaler bzw. privater Hand (Maurer and Herlyn, 2006).

Der grösste Teil (90%) der öffentlichen Kanalisation gehört den Gemeinden und ca. 10% unterstehen den Gemeindeverbänden. Diese Verbandsanlagen stellen generell einen hohen Wiederbeschaffungswert dar und sind entsprechend überproportional viel Wert.

Neben den Kläranlagen und der öffentlichen Kanalisation sind die Gemeinden für eine Reihe weiterer abwasserrelevanter Funktionen verantwortlich, die in den kantonalen Gesetzen geregelt werden. Dazu gehören üblicherweise eine Reihe von wichtigen Funktionen wie die Genehmigung abwasserrelevanter Bauten (Versickerungen, Hausanschlüsse, ...), Bauabnahmen, Führen von Katastern und die Kontrolle der Funktionstüchtigkeit.

Wegen der häufig geringen Gemeindegrösse gibt es in vielen Fällen nur unzureichende Fachkompetenz. Dieser Mangel an qualifiziertem Personal im Abwasserbereich wird von Fachleuten als Entwicklungsbremse empfunden (VOKOS, 2010; Chaix *et al.*, 2008). In Gemeindeverbänden können qualifizierte Fachleute eingestellt werden, aber der Nachteil ist, dass der Entscheidungsprozess lang ist und Entscheidungen Jahre dauern können (VOKOS, 2010), was auch einen Einfluss auf den Gewässerschutz hat.

### 1.4. VSA

Der VSA (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute<sup>3</sup>) ist der massgebliche Fachverband im Bereich Abwasserbeseitigung. Sein Ziel ist die Verbesserung der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes. Um diese Ziele zu erreichen, organisiert der VSA für die Fachleute im Abwasserbereich Ausbildungen und Unterricht. Der VSA veröffentlicht Richtlinien, Wegleitungen und Fachpublikationen, die dem ‚anerkannten Stand der Technik‘ entsprechen. Obwohl die VSA-Publikationen keine direkte Verbindlichkeit besitzen, werden sie normalerweise von den Fachleuten in Kantonen, Gemeinden und Ingenieurbüros befolgt. Daneben hat der VSA auch eine gesamtschweizerische harmonisierende Rolle, indem Wegleitungen und Werkzeuge (z. B. Regenwasserversickerung, Strassenabwasser oder GEP-Musterpflichtenheft) von verschiedenen Autoritäten (Bund, Kantone, Verbände) miteinander abgeglichen werden.

---

<sup>2</sup> EW=Einwohnerwert

<sup>3</sup> <http://www.vsa.ch/>

## 2. Kennzahlen

Die folgenden Kennzahlen stammen aus Maurer und Herlyn, 2006, VSA/FES, 2006, Peter *et al.*, 2009 und VSA/KI, 2011.

Pro Jahr werden 1400 Mio. m<sup>3</sup> schweizerisches Abwasser durch etwa 4000 Kläranlagen (839 ARA > 100 EW) behandelt. Insgesamt 49'000 km öffentliche Kanalisation führt das Abwasser von den Siedlungen zu den Kläranlagen [VSA/KI, 2011b]. Hinzu kommen ungefähr 42'000 km Liegenschaftsentwässerungen, die das Abwasser von den Häusern zur öffentlichen Kanalisation leiten [Maurer und Herlyn, 2006]. Heute haben 70% der öffentlichen Kanalisation ein Mischsystem, doch sind mehrere Kantone bestrebt, ein Trennsystem zu erstellen. Deswegen wird der Anteil des Trennsystems in Zukunft steigen.

Der gesamte Wiederbeschaffungswert der Abwasserinfrastruktur wird auf rund 120 Mrd. CHF geschätzt (Abbildung 1), wobei 66 Mrd. CHF für die öffentliche Kanalisation und 40 Mrd. CHF für die privaten Anlagen veranschlagt werden. Kläranlagen dagegen machen nur 14 % des Gesamtwiederbeschaffungswertes aus.

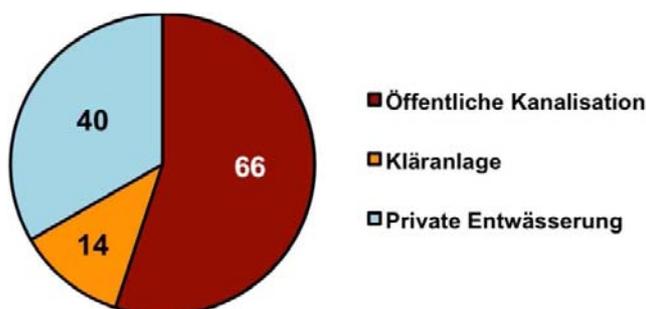


Abbildung 1: Wiederbeschaffungswert der Abwasserinfrastruktur in Mrd. CHF (Stand 2010).

Gemäss einer VSA-Umfrage aus dem Jahr 2010 betragen die aktuellen jährlichen Kosten der öffentlichen Abwasserinfrastruktur 2,2 Mrd. CHF<sup>4</sup>. Von den Jahreskosten entfallen 1 Mrd. CHF (45 %) auf die Abwasserreinigung und 1.2 Mrd. CHF (55 %) auf die Siedlungsentwässerung. Zusätzlich werden die privaten Infrastrukturkosten auf rund 1.0 Mrd. CHF/Jahr geschätzt. Werden die Opportunitätskosten bei rund 2%<sup>5</sup> angesetzt und der Wertverzehr<sup>6</sup> kalkulatorisch mitberücksichtigt, dann entstehen jährlich weitere 1.3 Mrd. CHF volkswirtschaftlich relevante Kosten.

<sup>4</sup> VSA/KI, *Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung - Erhebung 2010*. 2011, Verband der Schweizerischen Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA): Glattbrugg

<sup>5</sup> Standard-Diskontsatz, der für die Kostenvergleichsrechnungen im CH-Strassenbereich verwendet wird. Quelle: Abay G. (2006) Diskontsatz in Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr. Schweizer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Forschungsauftrag VSS 2003/201.

<sup>6</sup> Zugrunde gelegte Lebenserwartungen in Jahren: ARA: 33, öffentliche Kanäle: 80, private Anlagen: 50

### 3. Zustand, Alter und Sanierungsbedarf

Daten zur Abwasserinfrastruktur sind in der Schweiz nicht einfach zu erhalten. Obwohl insbesondere in den GEPs eine Vielzahl von relevanten Daten und Kennzahlen erhoben wurden, sind diese nur sehr aufwendig zusammenzuführen.

#### 3.1. Öffentliche Kanalisation

Der VSA hat eine Skala zu den Schäden definiert, die den Fachleuten helfen soll, den Zustand der Kanalisation zu ermitteln. Diese Skala besteht aus 5 Klassen von 0 (schlechter Zustand) bis 4 (guter Zustand). Obwohl die VSA-Skala breit akzeptiert wird<sup>7</sup>, ist sie nicht überall gebräuchlich. Zum Beispiel nutzt der Kanton Genf eine andere Einteilung mit drei Klassen (schlecht, mittel, gut). Hinzu kommt noch, dass die Zustandsbeurteilung im Jahre 2007 (VSA, 2007) angepasst wurde, so dass es eine ‚alte‘ und eine ‚neue‘ Zustandsbeurteilung gibt. Der Sanierungsbedarf wird dann gemäss Zustand und Lage (heikle Zone, Regenwasser oder Abwasser,...) beurteilt und kann nicht direkt aus den Zustandsklassen abgeleitet werden.

Obwohl der Zustand der schweizerischen Kanalisation weitgehend für die Ausarbeitung der GEP erhoben wurde, können der gesamtschweizerische Zustand und Sanierungsbedarf nur grob beurteilt werden. Maurer und Herlyn (2006) haben Zustandsinformationen für 10% der schweizerischen öffentlichen Kanalisation gesammelt. 23% dieser Kanalisation weisen substantielle Schäden (VSA Schadensklasse 0 bis 2) auf. Der Kanton Bern schätzt ebenfalls, dass ungefähr 20% seiner Kanalisation in den nächsten Jahren saniert oder ersetzt werden sollten (VOKOS, 2004). Im Kanton Genf sind 6% der öffentlichen Kanalisation (21% der Mischwasserkanalisation) in einem schlechten Zustand<sup>8</sup>.

Zur Altersverteilung der Kanalisation haben Maurer und Herlyn (2006) rund 16% der gesamten öffentlichen Kanalisation ausgewertet. Es zeigte sich, dass etwa 37% davon älter als 50 Jahre sind (Abbildung 2) und dass die Kanalisationen in den Städten bereits in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts erstellt wurden, während die kleineren Gemeinden erst in den 1970er- und 1980er-Jahren mit dem Bau begonnen haben. Eine Befragung der grösseren Schweizer Städte aus dem Jahr 1933 bestätigt, dass die grossen Städte „[...] zur Zeit mit 100 Prozent angeschlossen sind. Dies trifft vor allem dann zu, wenn es sich um die grösseren Ortschaften handelt. Mittlere und kleine Ortschaften sind im allgemeinen mit nicht über 50—80 Prozent angeschlossen.“ (Brentano, 1934).

---

<sup>7</sup> Hans-Ulrich Gränicher, Ingenieur und Planungsbüro Gränicher AG

<sup>8</sup> Frédéric Bachmann, Etat de Genève

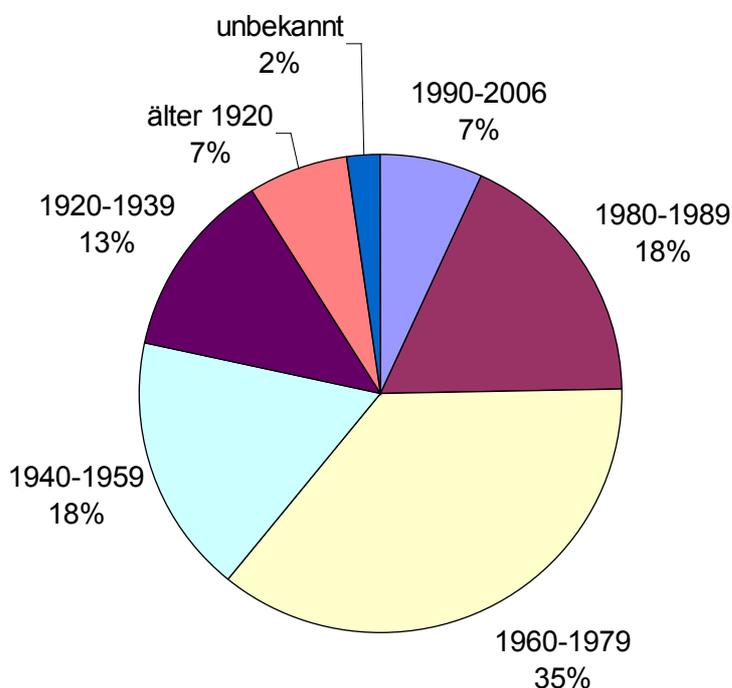


Abbildung 2 : Altersverteilung von 7'067 km untersuchter Kanäle (Maurer und Herlyn, 2006).

Es ist im Moment schwierig zu beurteilen, ob es im Bereich öffentlicher Kanalisationen einen Investitionsstau gibt und ob die im Moment investierten Summen dazu geeignet sind, die Leistung der Siedlungsentwässerung langfristig zu erhalten.

### 3.2. Kläranlagen

Zu den Kläranlagen besitzen die kantonalen Ämter ausreichende Informationen. Daten über die Lage, die Ausbaugrösse, den Reinigungstyp und den Prozentanteil des Abwassers im Vorfluter bei Niedrigwasser sind in der EcoGIS<sup>9</sup>-Datenbank gespeichert. EcoGIS sammelt Informationen hinsichtlich der Umwelt in der ganzen Schweiz und integriert diese in einer GIS-Karte, die im Internet einsehbar ist.

Wert und Kosten der Kläranlagen wurden sehr ausführlich im Bericht von Maurer und Herlyn (2006) und im Kennzahlenbericht des VSA (VSA/FES, 2006) beschrieben. Siehe dazu auch das Kapitel „Kennzahlen“. Dagegen ist der Zustand der Kläranlagen weder auf kantonaler noch auf Bundesebene bekannt. Da bei den Kläranlagen die Leistung im Vordergrund steht und diese regelmässig von den Kantonen überprüft wird, ist diese Information nicht von zentraler Relevanz.

Im Allgemeinen kann ein Trend zum Zusammenschluss von Kläranlagen erkannt werden. Dies hat einerseits mit den gestiegenen Anforderungen an die Reinigungsleistung und an den Betrieb zu tun. Andererseits stellen Auflagen des Arbeitsrechts und der Suva kleinere Anlagen vor ein Personalproblem, insbesondere beim Piketdienst.

<sup>9</sup> <http://www.ecogis.admin.ch/>

Bei Kläranlagen besteht auch die Tendenz, kontinuierlich in die Anlagen zu investieren. Dies führt dazu, dass diese Anlagen im Durchschnitt auf einem besseren technischen Stand gehalten werden als bei einer Generalsanierung alle 30 Jahre.

### 3.3. Private Abwasseranlagen

Zu den privaten Abwasseranlagen gehören im Wesentlichen die Liegenschaftsentwässerung, Versickerungsanlagen, Industrieanlagen und Vorbehandlungsanlagen. Während die gewerblichen Vorbehandlungsanlagen (z. B. Mineralölabscheider) in den meisten Kantonen von spezialisierten Unternehmen gewartet werden, werden fast alle anderen Anlagen bisher kaum kontrolliert<sup>10</sup>. Die Gemeinden haben deshalb wenige Informationen über private Abwasseranlagen und ihr Zustand lässt sich noch schlechter abschätzen als derjenige öffentlicher Anlagen. Dies kann sich nur ändern, wenn die Anlagebetreiber beginnen, die privaten Anlagen systematisch in den Leitungskatastern zu erfassen. Das Alter der Gebäude könnte einen ersten groben Hinweis zu ihrem Zustand liefern. Ähnlich sieht es bei Versickerungsanlagen aus, deren Alter man aus vorhandenen Katastern ermitteln könnte.

Es existieren nur wenige echte Informationen über den Zustand der privaten Abwasseranlagen. Zum Beispiel hat das AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich) eine Studie zum Zustand der Liegenschaftsentwässerung in 8 Gemeinden des Kantons Zürich durchgeführt (AWEL, 2004). Diese Studie zeigt, dass 80% der Grundstücksanschlussleitungen in den 1960er-Jahren oder früher erstellt worden waren. Ca. zwei Drittel der Hausanschlussleitungen waren kurzfristig sanierungsbedürftig und 50% sollten komplett erneuert werden, was geschätzte Kosten von rund 1 Mrd. CHF für den ganzen Kanton Zürich ausgemacht hätte. Fachleute gehen davon aus, dass auch in den restlichen Schweizer Kantonen eine von zwei Hausanschlussleitungen in schlechtem Zustand ist<sup>11</sup>.

Es ist zu erwarten, dass sich der Zustand der Liegenschaftsentwässerung mit Anwendung des neuen GEP-Musterpflichtenhefts verbessert. Das Musterpflichtenheft schlägt vor, die Hausanschlüsse bei der Zustandserhebung von öffentlichen Kanalisationen mit zu untersuchen und diese Informationen ebenfalls in die Datenbanken aufzunehmen. Damit bestehen die Grundlagen, um die privaten Leitungen kontrolliert sanieren zu lassen.

Die Lebensdauer und Leistung von Abwasseranlagen und Kanalisation ist von vielen Faktoren abhängig. Eines der wesentlichsten Elemente ist aber sicherlich der fachgerechte Bau der Anlagen. Viele Schäden werden durch unsachgemässe Fehlleistungen ‚neu mit-gebaut‘. Aus diesem Grunde kommt der Bauabnahme eine zentrale Stellung zu. Diese Gemeindeaufgabe wird aber vielerorts nicht oder nur ungenügend durchgeführt. Dieser Missstand kann unter anderem auf den Mangel an qualifizierten Fachleuten in den Gemeinden zurückgeführt werden (VOKOS, 2010).

---

<sup>10</sup> Frédéric Bachmann, Etat de Genève; VOKOS 2004

<sup>11</sup> Hans-Ulrich Gränicher, Ingenieur und Planungsbüro Gränicher AG; Olivier Chaix BG Ingenieure & Berater

## 4. Kosten und Gebühren

### 4.1. Finanzdaten

Die Gemeinden sind gehalten, die Ausgaben für die Abwasserbeseitigung und -reinigung in der Gemeindebuchhaltung gemäss dem Harmonisierten Rechnungsmodell (HRM 2<sup>12</sup>) separat abzubuchen. Die Gebührenberechnung basiert auf diesen Daten.

Problematisch an diesen Finanzdaten ist, dass das HRM keine betriebswirtschaftlich relevanten Informationen bietet. So ist es auch im revidierten HRM 2 möglich, die Anlagen degressiv abzuschreiben und so stille Reserven aufzubauen. Ebenfalls ist es nicht möglich, Sach- oder Personalkosten zu unterscheiden und, aufgrund der unterschiedlichen Definitionen, die Gesamtinvestitionen abzuschätzen.

Damit spiegeln die offiziellen Finanzdaten die Gebührensituation in der Schweiz wider. Aussagen über die echten Gesamtkosten sind nicht mit Sicherheit möglich, da insbesondere die vielfach vorhandenen stillen Reserven den Wertverzehr und damit die Abschreibung verzerren.

### 4.2. Investitionsbedarf und Entwicklung der Kosten

Der zukünftige Investitionsbedarf und die Entwicklung der Kosten sind schwer abzuschätzen. Die folgenden Gründe lassen aber die Schlussfolgerungen zu, dass die Ausgaben und Gebühren in vielen Gemeinden substantiell steigen werden:

- Die heutigen Sanierungen (0.8% des Wiederbeschaffungswerts) sind geringer als der theoretische Sanierungsbedarf (1.25%) von Infrastrukturen mit einer Lebensdauer von 80 Jahren (Maurer and Herlyn, 2006). Es muss aber auch betont werden, dass beide Zahlen (effektive Sanierungen und durchschnittlicher Sanierungsbedarf) nur schwach belegt sind und mit grossen Fehlern behaftet sein können. In der aktuellsten Erhebung durch den VSA/KI (2011) beträgt der ausgewiesene Investitionsanteil ebenfalls 0.8% für die Kanalisation. Auch andere Fachleute erwarten, dass der Sanierungsbedarf in Zukunft steigen wird (Peter *et al.*, 2009), da rund 25% der öffentlichen Kanalisation und ca. 50% der privaten Anlagen in einem schlechten Zustand sind. Insbesondere die Sanierung der Liegenschaftsentwässerung wird in den nächsten Jahren zu substantiellen Ausgaben führen.
- Die Elimination der Mikroverunreinigungen auf den Kläranlagen wird zu erhöhten Kosten führen. Gemäss groben Schätzungen sollen rund 1.2 Mrd. CHF oder 10% des Wiederbeschaffungswerts der Kläranlage investiert werden. Die Jahres- (v.a. abhängig von der Lebensdauer der Anlagen) und Betriebskosten sind im Moment noch weitgehend unbekannt.
- Viele kleinere Gemeinden zehren von stillen Reserven<sup>13</sup>. Die in den 1960er- und 1970er-Jahren mit Subventionen gebauten Kanalisationen sind weitgehend abgeschrieben. Mit dem

---

<sup>12</sup> Das HRM ist ein Modell, das für alle öffentlichen Sektoren verwendet werden soll. Es wurde in Anlehnung an die IPSAS (International Public Sector Accounting Standards) entwickelt. <http://www.ipsas.org/>; <http://www.voefrw.ch/d/themen/themen.php>

Schmelzen der stillen Subventionen werden die Kosten und damit die Gebühren drastisch ansteigen. Deutlich haben das die Gebührenerhöhungen bei der Umstellung auf das neue Gebührenmodell in den Kantonen Bern und Solothurn gezeigt. In diesen Kantonen wird die Gebühr auf der linearen Abschreibung des Wiederbeschaffungswertes festgelegt und bleibt so langfristig auf einem real konstanten Niveau.

- Die Finanzierung der Investitionen geschieht heute weitgehend zinsfrei. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Abwasserbetriebe vermehrt Zinsleistungen auf das investierte Kapital erbringen müssen. Dies kann zu deutlichen Mehrkosten führen<sup>14</sup>. Werden Investitionen über Eigenfinanzierung getätigt, dann werden lediglich die Gebühren ansteigen aber ohne erhöhte Zinsfolgekosten.
- Die vermehrte Professionalisierung und die organisatorischen Zusammenschlüsse werden insbesondere in kleinen Gemeinden zu Mehrausgaben führen. Diese ergeben sich vor allem aus der Aufgabe des kostengünstigen Milizsystems und dem Erbringen bisher vernachlässigter Aufgaben.
- Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Druck auf die Steuereinnahmen dazu führt, Strassensanierungen über die Abwasserrechnung zu finanzieren. Dies könnte zur Folge haben, dass Kanalisationen zu früh ersetzt werden und entsprechend die Kosten (Abschreibung) steigen.
- Der Einfluss des Klimawandels wird langfristig zu erhöhten Anforderungen an die Abwasserreinigung und die Siedlungsentwässerung führen.

Einige Fachleute fürchten, dass die Gebühren in den nächsten 20-50 Jahren substantiell ansteigen werden, sich die Gemeinden dessen jedoch nicht bewusst sind<sup>15</sup> (Lehmann, 2008). Die Entwicklung der Ausgaben und Gebühren wird aber stark von den Gemeinden und Kantonen abhängen<sup>16</sup>: Einige Gemeinden und Kantone haben zweckgebundene Rückstellungen (z. B. Konto Spezialfinanzierung im Kt. BE) gemacht und können eine Steigerung des Investitionsbedarfs ohne wesentliche Erhöhung der Gebühren tragen.

---

<sup>13</sup> Die stillen Reserven entsprechen der Differenz aus Buch- und Verkehrswert. Der Verkehrswert wird üblicherweise aus der linearen Abschreibung der Anlagen über die effektive Lebensdauer geschätzt.

<sup>14</sup> Beispiel: 3% Zins auf dem gesamten Wiederbeschaffungswert der Abwasseranlagen führt ca. zu einer Verdoppelung der Jahreskosten. Der Zins ist mit Abstand der sensitivste Kostenparameter.

<sup>15</sup> Hans-Ulrich Gränicher, Ingenieur und Planungsbüro Gränicher AG

<sup>16</sup> Olivier Chaix, BG Ingenieure & Berater

## 5. Informations- und Datenfluss

Je nach Kanton und dessen Organisation ist der Dateninfluss mehr oder weniger effizient. In einigen Kantonen, z. B. Genf, sind die Daten beim Kanton gespeichert<sup>17</sup> und einfach verfügbar. In anderen Kantonen, die lediglich eine Kontrollfunktion haben, z. B. Waadt und Wallis, werden keine Daten gesammelt. Ausserdem leiden einige Kantone unter dem Mangel an Mitarbeitern im Abwasserbereich und können sich deswegen schwer einen Überblick über die Abwasserinfrastruktur verschaffen<sup>18</sup>. In diesen Kantonen sind Daten zur Abwasserinfrastruktur nur beschränkt verfügbar. Durch die unharmonischen verfügbaren Daten auf Kantonsebene sind die Daten auf Bundesebene noch schwieriger zu erstellen.. Zurzeit gibt es keine zentrale Datenbank zur Schweizer Abwasserinfrastruktur.

Verschärft wird das Problem noch durch die uneinheitlichen Datenmodelle der in der Praxis eingesetzten Datenbanken. Dies hat einerseits mit dem spät entstandenen Datenmodell für die GEP-relevanten Daten<sup>19</sup> und andererseits mit der geringen Verbindlichkeit des Datenmodells zu tun.

Die Datensituation wird sich in den nächsten Jahren aufgrund verschiedener neuer Entwicklungen verbessern. Der Informationsfluss zwischen den Ebenen sowie die Datenverfügbarkeit wird zukünftig zunehmen. Zentrales Element ist dabei die Harmonisierung der Datenmodelle. Das DSS-Modell des VSA (VSA, 2008) bezweckt dieses Ziel. Es ist als Objektmodell definiert, das durch obligatorische und fakultative Attribute (Eigenschaften, Details) charakterisiert wird. Es gibt also minimale Forderungen für die Dateneingabe. Dieses Modell wird auch im neuen GEP-Musterpflichtenheft empfohlen und erlaubt, die Daten langfristig und breit zu nutzen. In Ergänzung wird dazu ein mit dem VSA/DSS-Modell kompatibles Minimalmodell entwickelt, das den Datenaustausch zwischen den Gemeinden eines Einzugsgebietes ermöglicht.

### 5.1. Wert und Kosten der Daten

Der Wert der Daten aus der ersten GEP-Erhebung wird auf rund 511 Mio. CHF geschätzt. Dazu gehören die Aufwendungen für die Zustandserhebungen und das Erheben/Nachführen der Kataster. Durch die im GEP2-Musterpflichtenheft vorgesehene Ersterhebung der Liegenschaftsentwässerung wird der Gesamtwert auf rund 800 Mio. CHF steigen<sup>20</sup>. Es ist zu befürchten, dass aufgrund der mangelnden Datenhaltung substantielle Anteile der Kataster neu umstrukturiert werden müssen.

### 5.2. Geoinformationsgesetz

Das Bundesgesetz und die Bundesverordnung für Geoinformation (GeoIG, 05.10.2007 und GeoIV, 21.08.2008) bezwecken, dass nationale relevante Geodaten der Schweiz den Behörden von Bund, Kantonen und Gemeinden sowie der Wirtschaft, der Gesellschaft und der Wissenschaft langfristig zur Verfügung stehen. Insbesondere das GeoIV ist für die Abwasserwirtschaft von zentraler Bedeutung,

---

<sup>17</sup> Charles Stalder, Etat de Genève

<sup>18</sup> Emmanuel Poget, Canton de Vaud

<sup>19</sup> VSA-DSS, 2008

<sup>20</sup> Anja Herlyn, WIFpartner

da hier zum ersten Mal eine Möglichkeit besteht, Standards für die Datenhaltung, Datenmodelle und Schnittstellen zu setzen. Die damit verbundene Rechtssicherheit ist eine wichtige Grundlage für die Entwicklung entsprechender Software und ist damit Voraussetzung für die Einführung und Anwendung der Datenmodelle in der Praxis. Aufgrund des geringen Marktvolumens ist eine nationale Harmonisierung essentiell. Diese würde es auch erlauben, professionelle Geoinformationsserver für die Datenarchivierung zu benutzen und die Daten ohne grossen Konvertierungsaufwand innerhalb eines Einzugsgebiets und über die Gemeindegrenzen hinweg zu verwenden und die langfristige Datenhaltung zu sichern.

### **5.3. Netzwerk Umweltbeobachtung Schweiz (NUS)**

Ziel des Netzwerks Umweltbeobachtung Schweiz (NUS) ist eine harmonisierte Datenbank für umweltrelevante Daten auf Bundesebene. Es soll als Basis für politische Entscheidungen im Umweltbereich dienen<sup>21</sup> und umfasst verschiedene Gebiete wie, z. B., Biotechnologie, Boden, Klima und Gewässer. Die NUS-Datenbank soll als stabiles, aber nicht statisches Werkzeug verwendet werden. Dort werden auch die Kennzahlen der Abwasserinfrastruktur gespeichert, jedoch ist zurzeit noch nicht definiert, welche weiteren Daten zur Abwasserinfrastruktur Eingang finden. Die NUS-Datenbank wird auch Daten verwenden, die gemäss Geoinformationsgesetz und -verordnung verfügbar sein sollen.

### **5.4. GEP-Musterpflichtenheft**

Der VSA hat mit dem Ziel der Vereinfachung und Harmonisierung der GEP im Auftrag der Kantone ein Musterpflichtenheft für die nächste GEP-Phase ausgearbeitet (VSA, 2009). Das Prinzip dieses Musterpflichtenhefts ist, die Einführung eines rollenden Planungsprozesses sowie das Management auf die Ebene der ARA-Einzugsgebiete auszurichten. Entsprechend müssen die Daten harmonisiert und Aufgaben an die Gemeindeverbände delegiert werden. Die rollende Planung erlaubt es, die spezifischen Bedürfnisse jedes unabhängigen Teilprojekts (z. B. Gewässer, Fremdwasser,...) zu berücksichtigen. Ausserdem werden die privaten Infrastrukturen in den GEP integriert, wobei auf ein Minimum an Datenkonformität geachtet wird. All diese Veränderungen sollten den Infofluss zumindest auf der regionalen Ebene verbessern. Es bleibt abzuwarten, wie die Akzeptanz und Umsetzung dieser Neuerungen sein wird. Die Umsetzung des GEP-Massnahmenplans sollte kontrolliert werden. Z. B. verwendet der Kanton Zürich den „GEP-Check“ als Werkzeug, um den Massnahmenplan zu überwachen. Diese Aufgabe könnte auch durch die ARA-Verbände übernommen werden.

---

<sup>21</sup> Markus Wüest, BAFU

## 6. Entwicklung der Abwasserinfrastrukturen

Im Folgenden soll der Versuch gewagt werden, die zukünftige Entwicklung der Abwasserinfrastruktur abzuschätzen. Organisatorische Entwicklungen werden hier bewusst ignoriert und im entsprechenden Modulbericht separat behandelt.

- *Wenig neue Infrastrukturen:* Die Abwasserinfrastruktur in der Schweiz ist gebaut. Massive Zusatzinvestitionen sind nicht zu erwarten. Offene Punkte sind insbesondere der Umgang mit Strassenabwasser (Regenwasserbehandlung an Autobahnen) und die Erweiterung im Zusammenhang mit der Elimination von Mikroverunreinigungen sowie das Phosphorrecycling aus Abwasser und Klärschlamm. Die dabei entstehenden Bauten lösen einen Investitionsbedarf aus, werden aber den Gesamtwert der Anlagen nicht substantiell verändern. Ein weiteres Thema ist die Zusammenlegung von ARA. Wertmässig werden die Netzwerkinfrastrukturen und die Kläranlagen auch in Zukunft die höchste Bedeutung haben.
- *Integrative Betrachtung von Netz und Reinigung:* Im Bereich Mischwasser- und Regenwasserentlastungen werden in Zukunft vermehrt gesamtheitliche Betrachtungen im Vordergrund stehen. Wie viel Regenwasser soll über die Kläranlage bzw. über die Nachklärbecken geleitet werden? Wann soll wo entlastet werden? Dabei werden hydraulische Anpassungen im Netz und an den Kläranlagen eine erhöhte Gesamteliminationsleistung zur Folge haben.
- *Dezentrale Strukturen:* Insbesondere in Randregionen mit geringer Siedlungsdichte und unsicherer Bevölkerungsentwicklung werden in naher Zukunft wieder dezentrale Strukturen entstehen. Die technische Entwicklung erlaubt den zentralen Betrieb leistungsfähiger Klein- und Kleinstanlagen. Betrieb und Unterhalt können an grosse Kläranlagen oder Betreiber übertragen werden. Damit können teure Investitionen in dichte Kanäle verhindert und der Gewässerschutz gesamthaft verbessert werden.
- *Trenn- oder Mischkanalisation:* Offen ist im Moment die zukünftige Entwicklung bezüglich Trenn- oder Mischkanalisation. Der vermehrte Einsatz von oberflächenaktiven Bauchemikalien und die Luftverschmutzung machen es immer schwieriger, zwischen verschmutztem Abwasser und nicht verschmutztem Regenwasser zu unterscheiden. Deshalb kann ein qualifiziertes Mischsystem besser als ein Trennsystem sein. Dabei sollte man zwischen Neubau und der Sanierung einer bestehenden Kanalisation unterscheiden. Für eine bestehende Mischkanalisation ist es oft besser, die Mischkanalisation zu optimieren, statt sie mit einem Trennsystem zu ersetzen. Die Entscheidung zwischen Trenn- oder Mischsystem sollte also von Fall zu Fall und nicht pauschal getroffen werden.
- *Sollzustand der Infrastruktur:* Was ist ein tolerierbarer Zustand? Wie sieht die optimale Zustandsverteilung eines gut verwalteten Kanalisationsnetzes aus? Die Antwort auf diese Frage ist im Moment noch offen, wird aber zentrale Auswirkungen auf Sanierung und Werterhalt haben. Um den optimalen Zustand zu definieren, ist es wichtig zu wissen, wo exfiltrierendes Abwasser zu einem Risiko für Umwelt und Bevölkerung führen kann.

## 7. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen

*Harmonisierung der Lenkungsinstrumente:* In der Schweiz werden die Hauptelemente der Abwasserentsorgung, ARA und Kanalisation, unterschiedlich behandelt. Für die ARA existieren leistungsabhängige Zielvorgaben, welche von den Kantonen überwacht werden. In der Siedlungsentwässerung werden von den Kantonen Planungsinstrumente (GEP, REP) den Gemeinden und Verbänden vorgegeben. Dies führt dazu, dass auf kantonaler und nationaler Ebene relativ viele Informationen über die Leistungen der Abwasserreinigung, aber nur sehr spärliche bis keine über die Abwasserableitung verfügbar sind, weil es bis jetzt keine standardisierte Datenerhebung und zentralisierte Datenablage gibt.

P-3: Es sollten Leistungsvorgaben für die gesamte Siedlungsentwässerung und Methoden für deren Überwachung entwickelt und eingeführt werden.

P 7: Für den Betrieb der Abwasserinfrastrukturen sollen Leistungskennzahlen entwickelt und veröffentlicht werden.

W-1a: Es sollte eine Branchenbeschreibung erstellt und kommuniziert werden, in der die Leistungen der Siedlungsentwässerung (und der Abwasserbehandlung) dargestellt sind.

*Informationsfluss und Datenverfügbarkeit:* Der horizontale (innerhalb eines Einzugsgebietes) sowie auch der vertikale Datenfluss (Betrieb-Gemeinde-Kanton-Bund) funktioniert heute nur für die Abwasserreinigung. Im Bereich Kanalisation und Netzbewirtschaftung ist der Zustand des Datenflusses als bedenklich zu bezeichnen. Allerdings stehen derzeit neue Werkzeuge zur Verfügung, insbesondere Datenmodelle und Geoinformationsgesetz, um diesen Umstand zu verbessern.

I-2: Auf nationaler Ebene sollten Datenmodelle harmonisiert und vereinfacht werden um die Verfügbarkeit von Daten der Abwasserinfrastruktur zu garantieren.

*Planung im Einzugsgebiet:* Mit dem neuen GEP-Musterpflichtenheft wird eine rollende Planung auf Ebene (ARA-)Einzugsgebiet vorgeschlagen. Damit wird die kontinuierliche Planung unter Berücksichtigung des Einzugsgebiets gefördert – zwei wichtige Voraussetzungen für das nachhaltige Management der Infrastrukturen. Es bleibt abzuwarten, wie sich diese Vorgabe in den einzelnen Kantonen durchsetzen wird.

I-3: Es sollte untersucht werden, ob die im GEP-Musterpflichtenheft vorgeschlagenen Massnahmen auf der Ebene der ARA-Einzugsgebiete greifen und wie sich diese in das vom Bund geförderte Integrale Einzugsgebietsmanagement einfügen.

*Investitionsstau:* Es kann nicht abschliessend beurteilt werden, ob es im Bereich öffentlicher Kanalisationen einen Investitionsstau gibt und ob die im Moment investierten Summen dazu geeignet sind, die Leistung der Siedlungsentwässerung langfristig zu erhalten.

I-4: Es sollte untersucht werden, wie die Sanierungsverläufe in Kanalisationen typischerweise aussehen sollten und ob es in der Schweiz einen Sanierungs- und Investitionsstau gibt. Dazu gehört auch eine Untersuchung der durchschnittlichen effektiven Lebensdauer von Kanälen.

*Zustand der Liegenschaftsentwässerung:* Es ist zu erwarten, dass sich der Zustand der Liegenschaftsentwässerung mit Anwendung des neuen GEP-Musterpflichtenhefts verbessert. Nebst dem GEP-Musterpflichtenheft gibt es auch die VSA-Ausbildung „Fachperson Grundstücksentwässerung“. Diese Ausbildung wird seit einigen Jahren insbesondere für Gemeindeingenieure und Bauverwalter angeboten. Dies wird zu einer Verbesserung der Tätigkeiten rund um die Grundstücksentwässerung führen.

I-5: Auf nationaler Ebene sollte eine Erfolgskontrolle zur Sanierung der Liegenschaftsentwässerung durchgeführt werden.

*Die Hausanschlüsse* werden heute trotz ihrer Wichtigkeit für das Funktionieren der Abwasserentsorgung noch kaum kontrolliert. Manchmal wissen die Gemeinden nicht einmal, wo die Hausanschlüsse sind und Sanierungen werden nur bei offensichtlichen Betriebsproblemen durchgeführt.

P-10: Auf Gemeindeebene sollten organisatorische Massnahmen getroffen werden, um die Hausanschlüsse (inkl. Liegenschaftsentwässerung) zu kontrollieren und den Besitzer zu verpflichten, die Hausanschlüsse zu ersetzen/sanieren, wo es nötig ist.

- *Auswirkung defekter Leitungen:* Unbekannt sind die Konsequenzen von Kanalisationen und Liegenschaftsentwässerungen, die sich in einem schlechten Zustand befinden. Es gibt weltweit nur sehr wenige und in der Schweiz keine Untersuchungen zu den Auswirkungen defekter Kanäle. Potentiell stellen defekte Kanäle eine Belastung des Grundwassers und eine Gesundheitsgefährdung dar.

I-6: Es sollten Anforderungen an den Zustand von Abwasserleitungen und Liegenschaftsentwässerungen definiert werden.

- **Kostenentwicklung:** Es ist davon auszugehen, dass die Kosten und Gebühren in Zukunft lokal steigen können. Viele Gemeinden sind sich dieser Situation nicht bewusst und sind entsprechend nicht auf die kommenden Anforderungen vorbereitet. Langfristige Kosten- und Gebührenplanungen fehlen an vielen Orten.

I-7: Es sollten Planungswerkzeuge entwickelt und eingesetzt werden, die Aussagen über langfristige Kosten- und Gebührenentwicklungen für Kommunen möglich machen.

- **Zusammenhang zwischen Bauabnahmen und langfristigen Kosten:** Es fehlen klare Indizien und Fakten über die Kosteneffizienz von Kontrollen und Bauabnahmen im Kanalisationsbereich. Gemäss Erfahrung aus der Praxis werden viele Schäden durch unsachgemässe Fehlleistungen verbaut. Dadurch sinkt die Lebensdauer und es entstehen Sanierungskosten.

I-8: Es sollten Untersuchungen durchgeführt werden, die das Ausmass der durch mangelnde Bauabnahme und fehlende Fachkenntnisse verursachte Mängel und Kosten in der Siedlungsentwässerung quantifizieren.

- **Integrative Betrachtung von Netz und Reinigung:** Im Bereich Mischwasser- und Regenwasserentlastungen sollten in Zukunft vermehrt gesamtheitliche Betrachtungen im Vordergrund stehen. Wie viel Regenwasser soll über die Kläranlage geleitet werden, wie viel Regenwasser über die Nachklärbecken, wann soll wo entlastet werden?

I-9: Die integrative Betrachtung von Netz und ARA sollte gefördert werden.

- **Art der Entwässerung:** Völlig offen ist im Moment die zukünftige Entwicklung der verschiedenen Arten von Entwässerung, sprich von Trenn- bis zu Mischsystemen. Der vermehrte Einsatz von oberflächenaktiven Bauchemikalien (z. B. Pestiziden) und die erhöhte Umweltbelastung (z. B. Strassenverkehr) machen es immer schwieriger, zwischen verschmutztem Abwasser und nicht verschmutztem Regenwasser zu unterscheiden.

I-11: Es sollten nationale Empfehlungen und Wegleitungen erarbeitet werden, die die Entscheide über Entwässerungssysteme (z.B. Trenn- oder Mischkanalisation) und die Optimierung der bestehenden Systeme unterstützen.

- *Kontrolle de s Massnahmenplans*: Mit dem neuen GEP-Musterpflichtenheft haben die Gemeinden und Verbände ein neues Werkzeug zur Planung von Massnahmen für die Kanalisation erhalten. Trotzdem wurde in einigen Gemeinden immer noch kein GEP erstellt.

I-12: Die Kantone sollen sich für ein einheitliches System zur Massnahmenkontrolle (GEP) in den Gemeinden entscheiden. Die Kontrolle könnte z. B. durch eine Selbstdeklaration der Gemeinde an den Kanton ausgeführt werden.

## 8. Referenzen und Quellen

- AWEL (2004). Überwachung der privaten Abwasseranlagen (Grundstücksentwässerungsleitungen) im Kanton Zürich. Baudirektion Kantons Zürich.
- Brentano, M. (1934). Untersuchungen über die Abwasserverhältnisse von Zürich Zürich.
- Chaix, O., Schweizer, J. et al. (2008). Proposition de réforme de l'organisation de l'assainissement en Suisse. BG Ingénieurs Conseils. Bern.
- Lehmann, M. (2008). Finanzmanagement in der Siedlungswasserwirtschaft: Abwasser und Wasserversorgung: Erhebung 2006. AWEL.
- Maurer, M., Herlyn, A. (2006). Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung. BAFU, Eawag.
- Peter, M., Kasser, F. et al. (2009). Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur. Umfassender Überblick für die Schweiz. BAFU.
- VOKOS (2004). Sachplan Siedlungsentwässerung. Regierungsrat des Kantons Bern, Fischer AG.
- VOKOS (2010). Sachplan Siedlungsentwässerung. Prioritäre Massnahmen für einen nachhaltigen Gewässerschutz. Regierungsrat des Kantons Bern, Regierungsrat des Kantons Solothurn.
- VSA (2007). Erhaltung von Kanalisationen. Maintien des canalisations. Manutenzione delle canalizzazione. Zürich.
- VSA (2008). Datenstruktur Siedlungsentwässerung "VSA-DSS" Zürich.
- VSA (2009). Erläuterungen zum Musterpflichtenheft für den Generellen Entwässerungsplan (GEP). Glattburg, VSA: 36.
- VSA/FES (2006). Kosten der Abwasserentsorgung. Coûts de l'assainissement. Zürich/Bern.
- VSA/KI (2011). Kosten der Abwasserentsorgung. Coûts de l'assainissement. Zürich/Bern. Erster Entwurf vom 30. Juni 2011.

### **8.1. Persönliche Mitteilungen**

Frédéric Bachmann, Telefongespräch am 17.09.2010, Etat de Genève, Direction générale de l'eau - Service de la planification de l'eau. Rue de l'Hôtel-de-Ville 2, 1211 Genève.

Stefan Binggeli, Telefongespräch am 27.09.2010, INFRAconcept, Gaswerk-Areal, Sandrainstrasse 17, 3007 Bern.

Olivier Chaix, Telefongespräch am 11.11.2010, BG Ingenieure & Berater, avenue de Châtelaine 81 bis, 1219 Châtelaine-Genève.

Hans-Ulrich Gränicher, Telefongespräch am 06.10.2010, Ingenieur und Planungsbüro Gränicher AG, Laubeggstrasse 70, 3006 Bern.

Anja Herlyn, Telefongespräch am 28.09.2010, WIFpartner AG, Bachmattstrasse 53, 8048 Zürich.

Emmanuel Poget, Telefongespräch am 21.07.2010, Canton de Vaud, Service des eaux, sols et assainissement, Rue du Valentin 10, 1014 Lausanne.

Charles Stalder, Etat de Genève, Telefongespräch am 17.09.2010, Etat de Genève, Direction générale de l'eau - Service de la planification de l'eau. Rue de l'Hôtel-de-Ville 2, 1211 Genève.

Markus Wüest, Telefongespräch am 28.09.2010, BAFU, Sektion Umweltbeobachtung, Papiermühlestrasse 172, 3063 Ittigen.



# Abwasserentsorgung 2025

## 4 Abwasseranfall und Abwasserfracht

Fabienne Chawla, Max Maurer  
Dübendorf, August 2012



# Inhalt

Zusammenfassung .....	- 131 -
1. Abwassermenge .....	- 133 -
2. Abwasserfracht .....	- 139 -
3. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen .....	- 145 -
4. Referenzen und Quellen.....	- 148 -

**Berichtsexperte Eawag:** Jörg Rieckermann

**Foto:** Samuel Zeller / David Dürrenmatt

## Zusammenfassung

In der Schweiz werden jährlich insgesamt knapp 1.7 Mrd.  $\text{m}^3\text{a}^{-1}$  Abwasser in den Kläranlagen behandelt. Der durchschnittliche Trockenwetterzufluss wird mit 1.2 Mrd.  $\text{m}^3\text{a}^{-1}$  angegeben. Damit liegt der Abwasseranfall im Durchschnitt zwischen 440 bis 650 Litern pro Einwohner und Tag. Einige Parameter werden den Abwasseranfall in Zukunft verändern: Aufgrund des Klimawandels ist eine Häufung von Starkniederschlägen in den nächsten 50 Jahren zu erwarten, was insbesondere einen Einfluss auf den Spitzenanfall haben wird. Das demographische Wachstum wird den Anteil des Haushaltabwassers erhöhen. Wichtiger ist aber die lokale Verteilungsdynamik der Bevölkerung.

In der Schweiz fallen pro Jahr rund 462'000 Tonnen CSB, 40'000 Tonnen Stickstoff und 6'400 Tonnen Phosphor an. Die Hauptfracht stammt dabei zu 69% aus Haushalt- und zu 31% aus Industrieabwässern. Nicht nur das Abwasser sondern auch abgeleitetes Regenwasser ist mit Schwermetallen und Mikroverunreinigungen wie Pestiziden verschmutzt. Die Herausforderungen der Zukunft liegen in der Behandlung der Mikroverunreinigung und der Nanopartikel. Obwohl die wichtigsten Mikroverunreinigungen heute gut bekannt sind, erwartet man, dass mit dem technischen Fortschritt mehr und mehr Stoffe messbar werden. Über das Verhalten der Nanopartikel im Abwasser und in der Umwelt ist kaum etwas bekannt. Das nationale Forschungsprogramm NFP 64 wird hier hoffentlich mehr Klarheit bringen.

Verringert sich die Wassermenge, steigen nicht nur die Konzentrationen bei gleichbleibender Fracht, auch Schleppkraft und Korrosionsverhalten werden beeinflusst. Die GEP-Massnahmen haben und werden viel dazu beitragen, Fremdwasser aus der Kanalisation zu entfernen. Sinkt dazu noch der Trinkwasserverbrauch drastisch, kann es zu übermässigen Ablagerungen, Geruchsproblemen und erhöhter Korrosion kommen. Allgemeine Aussagen zu den Kosten sind allerdings nicht möglich, da die Zunahme der Bevölkerung wiederum zu höheren absoluten Abwassermengen führt, was die Nachteile zu kompensieren vermag.

Höhere Abwasserkonzentrationen verbessern im Allgemeinen die Reinigungsleistung in Kläranlagen. Eine substantielle Erhöhung der Abwasserkonzentrationen kann punktuell zu Problemen in der ARA führen. Geeignete verfahrenstechnische Massnahmen führen jedoch in allen Fällen zu einer Netto-Verbesserung der Reinigungsleistung.

Die Dimensionierung der (Misch- und Regenwasser-)Kanalisation ist durch die abzuführende Regenmenge bestimmt. Versickerungen, Rückhaltungsmassnahmen und Verzicht auf Oberflächenversiegelung können die Anforderungen an die Ableitung lokal vermindern und lokal bei Mischkanalisationen und Trennkanalisationen einen Einfluss auf die Kosten haben. In Zukunft muss damit gerechnet werden, dass durch den Klimawandel die für die Dimensionierung relevanten Spitzenregen häufiger und stärker werden. Die Reduktion der abzuleitenden Regenmengen steht dann den Aufwendungen für eine Vergrösserung der Kanäle gegenüber.

Die häuslichen Abwasserfrachten werden sich proportional zur Bevölkerung entwickeln. Es ist aber zu erwarten, dass sich in Zukunft aufgrund dezentraler Technologien vermehrt Massnahmen an der Quelle durchsetzen und so die Frachten im Zulauf zentraler Kläranlagen verringern.

Der Einfluss von Gewerbe und Industrie auf die Abwasserfrachten ist substantiell und kann nicht verlässlich abgeschätzt werden. Ökonomische und politische Randbedingungen können in kurzer Zeit grosse Veränderungen bewirken. Dies ist besonders für Kläranlagen kritisch, in denen wenige Betrie-

be die Dimensionierung der ARA substantiell beeinflussen. Verlassen solche Betriebe das Einzugsgebiet, sollte verhindert werden, dass die Allgemeinheit die Kosten der Überkapazitäten tragen muss. Wirksamste Massnahme ist es, den Kläranlagen genügend unternehmerische Freiheiten zu gewähren, um flexibel auf Veränderungen reagieren zu können. Dies könnte durch ein geeignetes Finanzierungs- und Organisationsmodell erreicht werden.

Der Modulbericht schliesst mit einer Reihe von Schlussfolgerungen und Empfehlungen ab.

# 1. Abwassermenge

Das Abwasser, das den Kläranlagen zugeführt wird, besteht aus Haushaltwasser, Industrierwasser, Fremdwasser und Regenwasser, die per Mischkanalisation entsorgt werden. Niederschlag- und Fremdwasser ergeben zusammen ca. 55% des gesamten Abwassers. Insgesamt werden 0.4 bis 0.7 m<sup>3</sup> Abwasser pro Einwohner und pro Tag<sup>1</sup> an die Kläranlage geleitet.

Der Abwasseranfall variiert mit dem Tagesverlauf und der Jahreszeit. Die Messungen des Abwasseranfalls auf der Kläranlage können viele Unsicherheiten und häufig auch systematische Fehler beinhalten (Gujer, 1999; Thomann, 2002). Eine regelmässige professionelle Überprüfung der Messeinrichtung ist dringend zu empfehlen.

In der Schweiz werden jährlich insgesamt knapp 1.7 Mrd. m<sup>3</sup>a<sup>-1</sup> (0.65 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>E<sup>-1</sup> oder 0.46m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>EW<sub>CSB</sub><sup>-1</sup>) Abwasser in den Kläranlagen behandelt. Der durchschnittliche Trockenwetterzufluss wird mit 1.2 Mrd. m<sup>3</sup>a<sup>-1</sup> angegeben, was 0.44 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup>E<sup>-1</sup> 0.31 m<sup>3</sup>d<sup>-1</sup> EW<sub>CSB</sub><sup>-1</sup> entspricht. Die Daten stammen aus dem Jahre 2004/05 und umfassen rund 71% der angeschlossenen Bevölkerung (Maurer and Herlyn, 2006). Siehe dazu auch Tabelle 2.

Die Kantone verfügen über die Daten des Abwasseranfalls. Zum Beispiel lag der durchschnittliche Abwasseranfall im Kanton Wallis im Jahr 2009 bei 463 L pro EW und Tag<sup>2</sup> (Bernard and Mange, 2010). Im selben Jahr hat der Kanton Waadt mit einem Abwasseranfall von 381 L pro Einwohner und Tag gerechnet (Vioget et al., 2010).

## 1.1. Abwasser von Haushalt und Industrie

Das Haushaltabwasser kann anhand des Trinkwasserverbrauchs relativ gut geschätzt werden. Die Trinkwasserabgabe liegt bei insgesamt 347 L pro Person und Tag — die Haushalt-, Kleingewerbe- und Industriekonsumption sowie die Verluste<sup>3</sup> eingerechnet. Ein Anteil dieser Menge geht verloren, ein Teil versickert (z. B. Bewässerungswasser) und wird nicht durch die Kanalisation entsorgt. Im Jahr 1993 wurden ungefähr 20% des konsumierten Trinkwassers nicht durch die Kanalisation entsorgt (Gujer, 1999). Das heisst, ungefähr 280 L Trinkwasser pro Einwohner und Tag werden von den Haushalten und der Industrie verbraucht und danach durch die Kanalisation abgeführt. Ein typischer Einwohner verbraucht im Durchschnitt 162 L pro Tag, die Industrie den Rest. Mit 30% bzw. 20% machen die Toiletten und Duschen den grössten Anteil des Haushaltwasserverbrauches aus. Die Waschmaschine verbraucht 19% des Trinkwassers, 15% gehen für das Kochen und Trinken weg, 13% für die Körperpflege und das Händewaschen und 4% werden für den Geschirrspüler und anderes gebraucht<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Rechnung mit Daten aus dem Bundesamt für Statistik und aus Gujer (1999).

<sup>2</sup> EW= Einwohnerwert enthält auch Industrie und Tourismus. Diese Grösse ist der „Einwohner“-Grösse im Wallis vorgezogen, weil viele Gemeinden touristisch geprägt sind und die Anzahl der ständigen Einwohner also nicht repräsentativ für die gesamte Bevölkerung ist (zwischen der touristischen Haupt- und Nebensaison kann sich die Bevölkerungsanzahl um den Faktor 10 verändern). (Marc Bernard, persönliche Kommunikation). Der EW<sub>CSB</sub> entspricht der EW-Berechnung basierend auf 120 g chemischem Sauerstoffbedarf (CSB) pro EW.

<sup>3</sup> <http://www.bfs.admin.ch/>

<sup>4</sup> <http://www.trinkwasser.ch>

In den folgenden Abschnitten werden die potenziellen zukünftigen Entwicklungen des Abwasseranfalles der Haushalte und der Industrie beschrieben.

#### 1.1.1. *Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs*

Der Trinkwasserverbrauch der Haushalte hat sich seit 20 Jahren dank neuer Technologien und Geräte mit geringem Wasserverbrauch reduziert. Das Sparpotenzial des Wasserverbrauchs wird derzeit als eher gering eingeschätzt. Das bedeutendste Sparpotenzial liegt im Verhalten der Bevölkerung, die ihren Verbrauch vermindern könnte, indem sie z. B. die Kapazität der Waschmaschine bei jedem Waschgang voll ausnutzen würde. Es wäre theoretisch möglich, 50% des Trinkwasserverbrauchs mit Regenwasser abzudecken (Gujer, 1999). Trotzdem würde dies den Abwasseranfall nicht signifikant vermindern. Zudem ist die Verwendung von Regenwasser im Haushalt nur in gewissen Fällen zu empfehlen (Gujer, 1999; Brühlmann, 2003).

#### 1.1.2. *Demographischer Wandel*

Die Haupttrends hinsichtlich des Einflusses des demographischen Wandels auf den Wasserverbrauch sind in Kunz et al. (2009) beschrieben. Die Schweiz zählt heute rund 7.8 Mio. Einwohner und es ist zu erwarten, dass sich diese Zahl bis im Jahr 2060 um 13% auf ungefähr 9 Mio. Einwohner erhöhen wird<sup>5</sup>. Damit wird sich auch der Wasserverbrauch (und die Abwassermenge) erhöhen. Ausserdem wird das durchschnittliche Alter der Bevölkerung zunehmen. Der Einfluss der höheren Lebenserwartung der Bevölkerung auf den Wasserverbrauch wurde debattiert und verschiedene Meinungen stehen sich gegenüber. Einer Theorie zufolge wäre es möglich, dass der Altersstrukturwandel eine Erhöhung des Wasserverbrauchs zur Folge hat (Kunz *et al.*, 2009). Die Anzahl Haushalte mit einem oder zwei Bewohnern werden zunehmen (ARE 2011). Wichtiger für den Abwasseranfall in der Schweiz ist aber wahrscheinlich die Verteilung der Bevölkerung auf dem Land. Matter et al (2008) erwarten, dass die Bevölkerungszahl in den Grossräumen grosser Siedlungen und neben Transportachsen zunimmt, während sie in ländlichen Gebieten ohne direkten Anschluss an eine Stadt abnehmen wird. Im Jahr 2030 werden das Mittelland und das Genferseegebiet voraussichtlich die bevölkerungsreichsten Gebiete der Schweiz sein (Bundesamt für Statistik, 2009). Gemäss Schätzungen für die Periode 2010-2035 wird die Bevölkerung in den Kantonen Uri, Jura, Neuchâtel und Graubünden am wenigsten zunehmen, während sie in den Kantonen Genf, Aargau, Freiburg und Waadt am meisten zunehmen wird (proportionale Zahlen)<sup>6</sup>.

#### 1.1.3. *Trend in Richtung dezentrale oder zentrale Behandlung*

Das Siedlungswasser wird zurzeit vorwiegend durch die Kanalisation zu einer zentralen Kläranlage geleitet und dort behandelt. Diese ‚Zentralisierung‘ hat historische Gründe, da die Kanalisation gebaut wurde, um das Abwasser aus Gesundheitsgründen so rasch wie möglich aus den Siedlungen zu entsorgen (Burian *et al.*, 2000). Zu dieser Zeit stellte die zentrale Behandlung die beste Lösung für die

---

<sup>5</sup> <http://www.bfs.admin.ch/>

<sup>6</sup> [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/03/blank/key\\_kant/01.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/03/blank/key_kant/01.html)

Abwasserentsorgung dar (Bauchrowitz, 2010). Mit dem technischen Fortschritt tritt die dezentrale Behandlung des Abwassers in den Vordergrund vieler Diskussionen. Einerseits ist der Abwassertransport kostspielig: 90% der Investitionen ergeben sich aus dem Transport (Maurer and Herlyn, 2006). Andererseits ermöglicht die dezentrale Behandlung, das Wasser direkt vor Ort wieder zu verwenden oder in lokale Gewässer zu leiten. Zusätzlich ist es durch die dezentrale Behandlung möglich, das Schwarz- und Grauwasser an der Quelle zu trennen, um die Nährstoffe (N und P) wiederzuverwerten. Das Sparpotenzial ist für Grauwasser<sup>7</sup> besonders gross (mehr als 100 L pro Person und Tag) und es wäre möglich, das Grauwasser dezentral aufzubereiten und es im Haushalt für die Toiletten oder die Bewässerung wieder zu nutzen (Larsen and Maurer, 2011). Das Sparpotenzial für das Schwarzwasser ist geringer und die dezentrale Reinigung hat meistens einen Einfluss auf die Abwasserfracht (siehe Abschnitt 2.1). Es ist heute möglich, Kleinstkläranlagen einzusetzen, was Regionen mit geringer Siedlungsdichte interessant wäre<sup>8</sup>. Damit können die Kosten des Abwassertransports vermindert werden. Es ist also zu erwarten, dass die dezentrale Reinigung in Zukunft in weniger dicht besiedelten Regionen zunimmt. Zurzeit lohnt sich die dezentrale Reinigung allgemein gesehen jedoch nicht (Bauchrowitz, 2010). Um diese zu fördern, braucht es noch substantielle Forschungs- und Entwicklungsbemühungen. Die Abwasserreinigung ist ein heikles Thema und die Bevölkerung erwartet im Falle einer Funktionsstörung eine rasche Behebung des Problems. Der zuverlässige Unterhalt und Betrieb scheinen wichtig für die Akzeptanz der dezentralen Reinigung zu sein, zumal die Einwohner nur mit zuverlässigen Systemen einverstanden sind<sup>9</sup>.

## 1.2. Regenwasser

In der Schweiz sind ca. 70% der Kanalisationen Mischkanalisationen, durch welche das Regenwasser zusammen mit dem Schmutzwasser abgeleitet wird. Das Regenwasser macht nur 15% der jährlichen Abwassermenge aus, die der Kläranlage zugeführt wird. Bei mittleren und starken Regen stellt das Regenwasser jedoch den grössten Anteil der Abwassermenge dar. Deswegen werden die Kanalisation und die Regenbecken nicht auf das Abwasser sondern auf die Regenwassermenge dimensioniert (Gujer, 1999). Neben der Regenintensität und der Fläche ist der Abflussbeiwert ein wichtiger Parameter, um den Abfluss von Regenwasser zu berechnen. Der Abflussbeiwert hängt von der undurchlässigen Fläche der Siedlung ab. Um den Regenwasserabfluss zu vermindern, kann also der Anteil der undurchlässigen Flächen vermindert werden<sup>10</sup>, was einen Einfluss auf die Abflussbildung<sup>11</sup> und Abflusskonzentration hat<sup>12</sup>. Bei starkem Regen kann die Entwässerung nicht das gesamte anfallende Abwasser aufnehmen und muss einen Teil ins Gewässer entlassen, was als Mischwässerentlastung bekannt ist.

---

<sup>7</sup> Das Grauwasser beinhaltet das Haushaltabwasser ohne die Toilettenwasser.

<sup>8</sup> Michele Steiner, WST-21

<sup>9</sup> Michele Steiner, WST-21

<sup>10</sup> Die Sammlung systematischer Massnahmen ist in der Literatur unter dem etwas grossspurigen Begriff „Sustainable Urban Drainage Systems“ bekannt.

<sup>11</sup> Abflussbildung betrifft die Frage, wie viel des gefallenen Niederschlags zum Abfluss kommt. Abflusskonzentration beschreibt die zeitliche Verteilung des Abflusses (Verworn 1999)

<sup>12</sup> Jörg Rieckermann, Eawag

### 1.2.1. Mischwasserentlastungen

Regenentlastungen in Gewässer können hydraulische Probleme verursachen: Wegen der sprunghaften Zunahme der Wassermenge aufgrund einer Entlastung kann es im Gewässer zu Geschiebetrieb kommen. Dominieren diese die natürlich vorkommenden Geschiebetriebe, dann kann der Lebensraum des Gewässerökosystems deutlich verändert werden. Ausserdem verändern Mischwasserentlastungen die Gewässerqualität, was nicht nur eine Belastung der Umwelt durch die Eutrophierung und durch Schadstoffe, sondern auch ein Gesundheitsrisiko für den Menschen aufgrund der Pathogene oder toxischen Stoffe im Gewässer oder ebenfalls eine ästhetische Belastung durch Grobstoffe zur Folge haben kann (Gujer, 1999).

Die Kläranlagen sind typischerweise für eine Abwassermenge dimensioniert, die zwei Mal dem Trockenwetteranfall entspricht. Bei stärkerem Regen wird das Mischwasser in die Regenbecken geführt und teilweise gereinigt. Bei extremen Regenfällen wird das Mischwasser direkt in die Gewässer entlastet.

*Tabelle 1 : Typische Werte von der Zeit innerhalb eines Jahres in Prozent, während der das System wegen Regenwasser überlastet ist. Aus Gujer (1999)*

Prozent der Zeit	Ereignis
97%	Kein Überlauf
3%	Entlastung in Regenbecken
0.6%	Regenbeckenüberlauf
0.1%	Hochwasserentlastung
Ein paar Minuten pro 10 Jahre	Abwasserüberflutung in den Strassen

Es ist möglich, die Menge und Anzahl der Regenbeckenüberläufe durch numerische Modelle zu simulieren. Die Schätzung der Menge und Anzahl der Regenbeckenüberläufe und deren Konsequenzen für die Umwelt wird aber nur in bestimmten grossen Einzugsgebieten durchgeführt<sup>13</sup>, obwohl sie bei der GEP-Bearbeitung stattfinden sollte. Dieser Zustand könnte mit der neuen VSA-Richtlinie „STORM“ verbessert werden (siehe dazu auch Modulbericht „Siedlungshydrologie“). Die Anzahl der Regenbeckenüberläufe pro Jahr variiert stark je nach Lage und Jahr (Grössenordnung: 15 bis 70 Mal pro Jahr)<sup>14</sup>.

In den folgenden Abschnitten werden die Entwicklungen beschrieben, die einen Einfluss auf den Regenwasseranfall haben.

<sup>13</sup> Claude-Alain Jaquerod, Service des Eaux, Canton de Vaud

<sup>14</sup> Daten von Dominique Zürcher, Service de l'assainissement, Ville de Lausanne

### 1.2.2. Klimawandel

Der Klimawandel wird wahrscheinlich einen Einfluss auf den Abwasseranfall in der Mischkanalisation haben, da die Niederschläge für die Dimensionierung bedeutend sind. Aufgrund des Klimawandels erwarten wir in der Schweiz häufiger Niederschläge im Herbst und Winter und weniger Regen im Sommer. Damit ist eine Steigerung der Starkregenhäufigkeit zu erwarten (Schmidli and Frei, 2005), die besonders wichtig für die Kanalisation ist. Die erwarteten Auswirkungen des Klimawandels auf den Abwasserbereich sind in OcCC and ProClim- (2007) beschrieben. Es ist damit zu rechnen, dass ohne zusätzliche Investition der Überstau aus der Kanalisation und die Mischwasserentlastungen zunehmen werden (Grum *et al.*, 2006; Butler *et al.*, 2007; Nie *et al.*, 2009).

Neue Daten über den Klimawandel stammen aus dem europäischen Projekt „ENSEMBLES“<sup>15</sup>. Diesen Daten basieren auf verschiedenen IPCC-Szenarien<sup>16</sup> und es werden Resultate aus verschiedenen Modellen verwendet<sup>17</sup>, was eine bessere Abschätzung der Unsicherheiten erlaubt. Die Ergebnisse des ENSEMBLES-Projekts zeigen die täglichen Regendaten für regionale Modelle auf (ca. 100 km<sup>2</sup>,  $\Delta x \sim 25$  km). Die zeitliche und die lokale Skala sind also für das Abwasserentsorgungsmanagement zu grob. Geeignete Daten für das Abwasserentsorgungsmanagement umfassen Zeiteinheiten von 5-10 Minuten und eine lokale Skala von 10 km<sup>2</sup> (Segond *et al.*, 2007; Onof and Arnbjerg-Nielsen, 2009). Die täglichen Daten müssen also weiter unterteilt werden, um nützliche 10-Minuten-Daten zur Verfügung zu haben. Im Rahmen des NFP 61<sup>18</sup> wird versucht, geeignete Regendaten für die Abwasserinfrastruktur zu entwickeln.

### 1.2.3. Trend in Richtung Misch- oder Trennkanalisation

Mischkanalisationen können aufgrund der Mischwasserentlastungen die Umwelt belasten und ein Gesundheitsrisiko für die Menschen darstellen (Kim *et al.*, 2007; Donovan *et al.*, 2008; Welker, 2008; Ham *et al.*, 2009; Musloff *et al.*, 2010; Weyrauch *et al.*, 2010). Zusätzlich wird das Schmutzwasser während Niederschlägen verdünnt, was die Wirksamkeit der Reinigung auf der ARA vermindert. Eine Trennkanalisation hat demgegenüber die Vorteile, den Abwasseranfall an der Kläranlage zu vermindern, sowie die Umweltverschmutzung durch Mischwasserentlastungen zu beseitigen<sup>19</sup>. Obwohl heute bekannt ist, dass abgeleitetes Regenwasser Mikroverunreinigungen und Schwermetalle enthält (siehe Abschnitt 2.2), wird bei Trennsystemen das Regenwasser oft direkt in Gewässer geleitet. Weiterhin besteht beim Trennsystem die Gefahr von Fehlanschlüssen. Die Literatur über die Vorteile des einen oder anderen Systems zeigt, dass die Entscheidung zwischen Misch- oder Trennkanalisation für jeden Fall (Topographie, vorhandenes System) einzeln abzuschätzen ist (Brombach *et al.*, 2005; Mannina and Viviani, 2009). Auf kantonaler Ebene unterscheidet sich die Politik bezüglich Trenn- und Mischkanalisation, das Trennsystem wird aber häufiger empfohlen<sup>20</sup>. Obwohl die Trennung der einzelnen Abwasserströme vorteilhaft ist, konnte also kein richtiger Trend in Richtung Trennsystem ge-

<sup>15</sup> <http://ensembles-eu.metoffice.com/>

<sup>16</sup> IPCC (<http://www.ipcc.ch/>) ist eine Intergovernmental Association, die verschiedene Szenarien für die Parameter, die den Klimawandel beeinflussen (CO<sub>2</sub> Emission,...), vorbereitet hat.

<sup>17</sup> Mark Honti, Eawag

<sup>18</sup> <http://www.nfp61.ch/E/Pages/home.aspx>

<sup>19</sup> Markus Boller, Eawag

<sup>20</sup> Marc Bernard, Service de l'environnement, Canton du Valais; Claude-Alain Jaquerod, Service des Eaux, Canton de Vaud; Thomas Lang, Amt für Umweltschutz und Energie, Baselland

funden werden. Es ist aber wahrscheinlich, dass der Trennsystemanteil in Zukunft zunehmen wird. Häufig werden zudem gemischte Systeme gebaut, z.B. das „reduzierte Mischsystem“, bei dem das Dachwasser separat versickert oder abgeleitet wird.

#### 1.2.4. Sustainable urban drainage system (SUDS)

Der Oberbegriff „SUDS“ hat sich im englischen Sprachraum etabliert und fasst eine Reihe von Massnahmen zusammen, die das Regenwasser dezentral behandeln und somit den Abwasseranfall bei Regenwetter in der Kanalisation und der Kläranlage vermindern. Anstatt das Regenwasser direkt in die Kanalisation zu leiten, lassen die SUDS das Regenwasser entweder versickern oder halten es an gewissen Stellen zurück, bis der Regen aufgehört hat. Solche Massnahmen können z. B. die Versickerung des Regenwassers auf Parkplätzen durch durchlässiges Pflaster oder Kies, Dachbegrünungen, Entlastungen und Versickerungen in Biotope oder Regenwasserrecycling sein (Kaufmann and Herren, 2000). Eine Studie aus Deutschland zeigte, dass neue Massnahmen, wie eine kurzzeitige Überflutung von spezifischen Plätzen (Parkplätze, Sportanlagen, Brachflächen,...), sogenannte multifunktionelle Flächen, von der Bevölkerung grundsätzlich gut akzeptiert werden (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2009). Die Filtration in Unterboden und Humus erlaubt zudem die Reinigung des Regenwassers von vielen Substanzen wie Kohlenwasserstoff und einem Teil der Schwermetalle (Scholz and Grabowlecki, 2007). Das „international Stormwater Best Management Practices (BMP) Database project“<sup>21</sup> sammelt Informationen über das Reinigungspotenzial von SUDS.

Obwohl SUDS in den grossen Siedlungen häufiger eingesetzt werden, geht ihre Implementierung in kleineren Siedlungen nur relativ langsam voran. Dies könnte einem Mangel an Kenntnis und/oder Interesse seitens der Architekten und Stadtplaner in kleinen Siedlungen zugeschrieben werden<sup>22</sup>. Um SUDS schneller zu implementieren, sollten die verschiedenen Optionen bekannter gemacht werden.

### 1.3. Fremdwasser

Fremdwasser bezeichnet stetig fliessendes Wasser (z. B. Bäche, Brunnen), das durch die Kanalisation geleitet wird, sowie Grundwasser, das in die Kanalisation eindringt. Der Fremdwasseranfall kann anhand der chemischen Konzentration oder des Vergleichs zwischen den Abwassermengen am Wochenende und unter der Woche geschätzt werden (Hörler, 1966; Kracht, 2007). Gemäss dem Gewässerschutzgesetz (Artikel 76) soll das Fremdwasser nicht mehr durch die Kanalisation geleitet werden. Es ist demnach zu erwarten, dass sich der Fremdwasseranteil in der Kanalisation in Zukunft weiter vermindern wird. Der Anteil des Fremdwassers wird durch die Kantone geschätzt. Im Jahr 2004 betrug der Anteil des Fremdwassers in Baselland 41% des mittleren Trockenwetterabflusses. Der Kanton hatte das Ziel, den Fremdwasseranteil im Jahr 2007 auf 30% zu reduzieren (Ehram, 2004), was erreicht wurde<sup>23</sup>. Mit einem Anteil von mehr als 60% am Abwasseranfall ist der Fremdwasseranteil im Kanton Wallis höher als im nationalen Durchschnitt (Bernard and Mange, 2010). Im Kanton Waadt liegt der Fremdwasseranteil mit 40% im schweizerischen Durchschnitt (Vioget *et al.*, 2010). In allen drei Kantonen stellt die Reduktion des Fremdwassers eine Priorität dar.

<sup>21</sup> <http://www.bmpdatabase.org/index.htm>

<sup>22</sup> Michele Steiner, WST-21

<sup>23</sup> Thomas Lang, Amt für Umweltschutz und Energie, Baselland

### 1.3.1. *Entwicklung des Fremdwasseranteils*

Auf Bundesebene existiert eine gesetzliche Verpflichtung, laut welcher das Fremdwasser in der Kanalisation zu reduzieren ist, was auf kantonaler Ebene ernst genommen wird. Entsprechend wurde der Fremdwasseranteil in den letzten Jahren schon stark vermindert. Einige Kantone (z. B. Waadt) vertreten die Ansicht, dass das Verminderungspotenzial der Fremdwassermenge derzeit gering ist<sup>24</sup>. Zusätzlich hat der Klimawandel einen Einfluss auf den Fremdwasseranteil. Mit dem Klimawandel erwarten wir trockeneres Wetter im Sommer. Dadurch könnte die Höhe des Grundwassers im Sommer sinken und das Eindringen des Grundwassers in die Kanalisation abnehmen. Deswegen wird erwartet, dass sich der Sickerwasseranteil auch aufgrund des Klimawandels in Zukunft vermindern wird (OcCC and ProClim-, 2007). Diese Fremdwasserreduktion könnte dennoch lokale Probleme auslösen, da sie einerseits erlaubt, dass Abwasser aus den Kanalisationen ausläuft, und andererseits, weil die Abwassergeschwindigkeit abnimmt, was mehr Sedimentation in der Kanalisation zur Folge haben kann.

## 2. Abwasserfracht

Die Abwasserfracht entspricht der Stoffkonzentration des Abwassers multipliziert mit der Abwassermenge. Die Abwasserfracht weist eine grosse Variabilität auf, was in den kleinen Kläranlagen besonders sichtbar ist. Sie verändert sich innerhalb eines Tages, einer Woche sowie eines Jahres. Für Stickstoff wird eine Morgenspitze beobachtet, die der Zeit entspricht, zu welcher die Leute aufstehen und urinieren. Saisonale Ereignisse wie die Ernte können auch einen lokalen Einfluss auf die Abwasserfracht haben (Gujer, 1999). Zusätzlich müssen die Kläranlagen bei ihrem Betrieb unerwartete Ereignisse wie Regenfälle berücksichtigen. So leitet z. B. ein Gewitter eine grosse Menge organischer Stoffe ins Abwasser, die von den Siedlungen abgewaschen werden. Die Abwasserfracht variiert auch leicht im Verlauf des Jahres: die Abwasserfracht ist im Sommer geringer als im Winter. Dies u. a. aufgrund des biologischen Abbaus der Schadstoffe in der Kanalisation bei höherer Temperatur.

---

<sup>24</sup> Claude-Alain Jaquero, Service des Eaux, Canton de Vaud

*Tabelle 2: Totale Abwassermengen und –frachten im Zulauf (üblicherweise Rohabwasser) der schweizerischen Kläranlagen. Die Daten stammen aus dem Jahre 2004/05 (Maurer und Herlyn, 2006) und sind über die Einwohner auf die gesamte Schweiz hochgerechnet. Die letzte Spalte gibt die Datengrundlage an, auf denen die Hochrechnung basiert; in % der Bevölkerung, welche durch die Daten repräsentiert werden. Bemerkungen: [a] Werte, die ein CSB:BSB<sub>5</sub> Verhältnis von exakt 2.00 aufwiesen, wurden eliminiert. [b] Werte, die innerhalb eines Kantons ein konstantes N<sub>tot</sub>:NH<sub>4</sub>-N aufwiesen, wurden eliminiert. t = Tonnen.*

Bezeichnung	Zulauf ARA (100% Bev. CH)	Einheit	Datengrundlage in % Bev. CH
Abwasser Zulauf ARA	1.719·10 <sup>9</sup>	m <sup>3</sup> a <sup>-1</sup>	61.8%
Trockenwetter Zulauf ARA	1.163·10 <sup>9</sup>	m <sup>3</sup> a <sup>-1</sup>	55.6%
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB <sub>5</sub> ) <sup>[a]</sup>	232'952	t <sub>BSB</sub> a <sup>-1</sup>	33.0%
Chemischer Sauerstoffbedarf	462'495	t <sub>CSB</sub> a <sup>-1</sup>	59.3%
Ammonium-Stickstoff	25'677	t <sub>NH<sub>4</sub>-N</sub> a <sup>-1</sup>	19.7%
Totaler Stickstoff <sup>[b]</sup>	40'355	t <sub>N</sub> a <sup>-1</sup>	29.1%
Totaler Phosphor	6'385	t <sub>P</sub> a <sup>-1</sup>	23.0%

Basierend auf Tabelle 2 und Tabelle 3 kann der Anteil der Industrie und der Gewerbe an der gesamten Abwasserproduktion auf 31%, bezogen auf den BSB<sub>5</sub>, sowie auf 28%, bezogen auf den totalen Stickstoff, geschätzt werden.

Die Abwasserfracht wird normalerweise in den Kläranlagen gemessen, wobei einige kleine Kläranlagen nur die Schadstoffkonzentration im gereinigten Abwasser messen. Die Kantone verfügen über die Abwasserfrachtdaten, geben sie dem BAFU aber nicht systematisch weiter. In den folgenden Abschnitten werden die Abwasserfracht der Haushalte und der Industrie und die Regenwasserfracht beschrieben.

## 2.1. Haushalt- und industrielles Abwasser

Die Abwasserfracht wird üblicherweise in Einwohnerwerten ausgedrückt und berechnet sich aus den Einwohnergleichwerten (EGW). Der EGW entspricht der Schmutzstoffquantität eines „typischen Einwohners“, die zu der Kläranlage geleitet wird. Er schliesst nicht nur die Haushalte ein, sondern auch die Kleingewerbe (Restaurant,...). Typische EGW-Daten für Deutschland, die denen in der Schweiz ähnlich sind, sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Typische Einwohnergleichwerte im kommunalen Rohabwasser aus Gujer (1999). BSB<sub>5</sub> und CSB bezeichnen den biologischen bzw. chemischen Sauerstoffbedarf, GUS steht für gesamte ungelöste Stoffe, TKN ist der totale N gemäss Kjeldahl. Diese Werte werden an 85% der Tage unterschritten.

Stoffe	Rohabwasser-Konzentration (g/Einwohner*Tag)
BSB <sub>5</sub>	60
CSB	120
GUS	70
TKN	11
P <sub>tot</sub>	1.8

### 2.1.1. Entwicklung der Abwasserfracht aus Haushalt und Industrie

Das häusliche Abwasser besteht hauptsächlich aus Reststoffen der Ernährung (Fäkalien, Urin, Küchenabfälle) und Wasch- und Reinigungsmitteln. Somit wird sich die produzierte Menge häuslicher Abwasserfracht proportional zur demographischen Dynamik entwickeln.

Neue Technologien, besonders Massnahmen an der Quelle, können die Fracht im Zulauf der zentralen Kläranlage vermindern. In einigen industriellen Branchen (z. B. Papierproduktion) werden solche Massnahmen systematisch in die Produktion integriert, da hohe Abwasserfrachten oftmals mit einem Verlust des Produktes korrelieren. In anderen Fällen sind industrie-interne Kläranlagen oder Vorbehandlungsanlagen im Einsatz. Allgemein kann aber bemerkt werden, dass die Abwasserproduktion der Industrie stark von der ökonomischen und politischen Situation abhängig ist und sich sehr rasch ändern kann. In der Schweiz beträgt der Anteil Fracht aus Industrie und Gewerbe rund 30%.

Auch im häuslichen Bereich sind Massnahmen an der Quelle vorstellbar. In der Schweiz sind folgende zukünftigen Entwicklungen denkbar:

**Dezentrale Abwasserreinigung:** Abkoppelung der Randregionen eines ARA-Einzugsgebietes von der Kanalisation. Damit können die überproportional teuren Teile der Kanalinfrastruktur stillgelegt oder vereinfacht werden. Voraussetzung für diese Entwicklung sind neue Überwachungstechnologien und Betreiberkonzepte, die es den Kantonen erlauben, die Reinigungsleistung der Region zu überwachen. Die entsprechende Kleinkläranlagentechnologie ist vorhanden und ausgereift. Das Potential wird als gross eingeschätzt.

**Urinseparation:** Die meisten Nährstoffe kommen aus dem Urin. Damit erlaubt die Urinseparation die potentielle Verwertung von Stickstoff und Phosphor (Larsen and Maurer, 2011); z. B. in Stickstoff-Strippern für die Düngerproduktion (Beispiel ARA-Kloten Opfikon<sup>25</sup>). In gewissen öffentlichen Gebäuden sind schon NoMix-Urinalen eingerichtet, welche breite Akzeptanz finden. NoMix-Toiletten könnten

<sup>25</sup> <http://www.klaeranlage.ch/?page=37&topPage=9>

in Zukunft in grösseren Gebäuden eingerichtet werden, jedoch muss die Technologie noch verbessert werden<sup>26</sup>. Die Entwicklung in diesem Bereich hängt einerseits von der Entwicklung in der Sanitärtechnologie ab, andererseits von Gesamtbetrachtungen der Nährstoffeliminationsleistung im Einzugsgebiet.

*Grauwasseraufbereitung:* In Gebieten mit hohem Wasserbedarf, z. B. bei Wassermangel oder landwirtschaftlicher Bewässerung, kann die Aufbereitung von Grauwasser die Wiederverwendung von Abwasser ermöglichen. Aufgrund der grossen Wasserverfügbarkeit in der Schweiz ist das Potential dafür lokal limitiert.

*Neue WC-Technologien:* Das Aufkommen neuer WC-Technologien, die z. B. die Fäkalstoffe nicht über die Kanalisation entsorgen, könnte einen starken Einfluss auf die Abwasserfrachten haben. Diese Entwicklungen sind im Moment nicht absehbar und kaum steuerbar.

## 2.2. Regenwasser

Das Regenwasser wird durch die Anreicherung in der Atmosphäre und vor allem beim Kontakt mit Oberflächenmaterial mit Schadstoffen belastet. Signifikante Quellen für Regenwasserverschmutzung sind Fassaden und Dächer (Biozide, Schwermetalle), Strassen und Parkplätze (durch Verschleiss und Abgaspartikeln (Boller, 2001)) und private Gärten. Die Verschmutzung des Regenwassers unterscheidet sich von der Haushaltabwasserverschmutzung durch die folgenden Punkte:

- Die Regenwasserverschmutzung ist mehr mineralischen Ursprungs.
- Es ist eine diffuse und zufallsbedingte Verschmutzung.
- Die Schwankungsamplitude der Durchflussmenge und der Konzentration ist gross (Rossi, 1998).

Die im Regenwasser enthaltenen Schadstoffe hängen von der Oberfläche, über die das Regenwasser abfließt (Strassen, Dächer,...), von der Dauer der vorangegangenen Trockenperiode und von der Regencharakteristik ab. Die Schadstoffkonzentration ist i. d. R. bei Regenbeginn höher und stabilisiert sich danach („First Flush“) (Boller, 2004). Tabelle 4 zeigt die durchschnittliche Konzentration, die an 5 Standorten mit Trennkanalisation im Kanton Waadt gemessen wurde. Mehrere Parameter übersteigen die GSchV-Grenzwerte für gereinigtes Abwasser. Das heisst, dass Regenwasser als verschmutztes Wasser betrachtet und vor der Entlastung ins Gewässer behandelt werden sollte.

Auch hier ist die zukünftige Entwicklung kaum vorherzusehen. Insbesondere der Einsatz moderner und neuer Bauchemikalien und -materialien nimmt ständig zu. Hierzu gibt es kaum Informationen und Untersuchungen.

---

<sup>26</sup> Tove Larsen, Eawag; Michele Steiner, WST-21

Tabelle 4: Messungen von einigen Schadstoffkonzentrationen im Regenwasser (Gemäss Rossi (1998) und Brombach et al. (2005)) verglichen mit den Grenzwerten der GSchV für gereinigtes Abwasser (Anhang 3). Die Regenwasserkonzentration wurde während ungefähr einem Jahr gemessen.

Stoffe	Durchschnittliche Messung aus Rossi (1998)	Median der Messungen aus Brombach et al. (2005)	Grenzwerte der GSchV
TSS	98 mg/L	141 mg/L	15 mg/L (20mg/L)*
BSB <sub>5</sub>	16 mg/L	13 mg/L	15 mg/L (20mg/L)*
DOC/TOC	16 mg/L (DOC)	19 mg/L (TOC)	10 mg/L (DOC)
P <sub>tot</sub>	0.71 mg/L	0.42 mg/L	0.8 mg/L
N-NH <sub>4</sub>	0.48 mg/L	0.8 mg/L	2 mg/L
Cu	116 µg/L	48 µg/L	5 µg/L**
Zn	362 µg/L	275 µg/L	20 µg/L**
Pb	79 µg/L	118 µg/L	10 µg/L**

\* Der erste Wert ist für Kläranlagen > 10000 EW, der zweite für Kläranlagen < 10000 EW.

\*\* Die Grenzwerte gelten für das Fliessgewässer (gemäss Anhang 2 der GSchV).

### 2.3. Mikroverunreinigung und zukünftige Schadstoffe

Mikroverunreinigungen sind organische Spurenstoffe und lassen sich überall finden, z. B. in Kosmetika, Arzneimitteln, Pflegemitteln, natürlichen und künstlichen Hormonen oder Fassaden von Gebäuden. 30'000 organische Chemikalien und Pharmazeutika werden in der Schweiz benutzt, wovon ein grosser Teil entweder via Haushaltabwasser oder via Regenwasser im Abwasser endet. Die Mikroverunreinigungen gelangen durch das gereinigte Abwasser, durch Mischwasser- oder Regenwasserentlastungen oder durch Lecke in der Kanalisation in die Gewässer. Mikroverunreinigungen können negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Ein bekanntes Beispiel ist der Fall der hormonaktiven Stoffe (Abbildung 1).

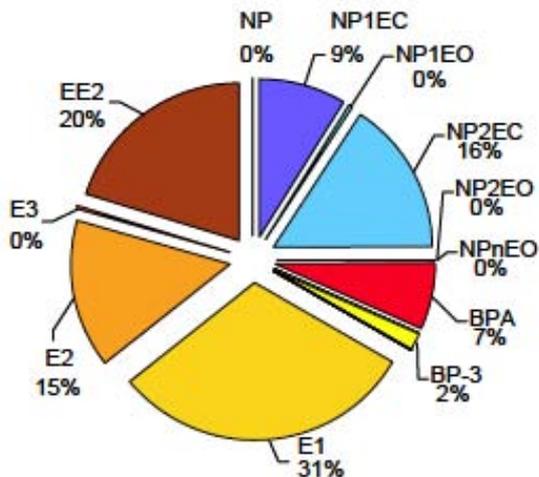


Abbildung 1: modellierter relativer Beitrag verschiedener hormonaktiver Stoffe zur gesamten, normierten Hormonaktivität in der Glatt unterhalb von Dübendorf im Jahr 2007. NP: Nonylphenol, NPnEO: Nonylphenoethoxylat, NP1EC, NP1EO, NP2EC, NP2EO: Abbauprodukte von Nonylphenoethoxylat, BPA: Bisphenol A, BP-3: Benzophenone-3 (UV-Filter), E1, E2, E3: natürliche menschliche Hormone (Östrogene), EE2: Ethinylestradiol (Wirkstoff aus hormonellen Empfängnisverhütungsmitteln). Aus Gälli et al. (2009)

Mikroverunreinigungen verursachen schon bei geringer Konzentration im Gewässer Probleme wegen ihrer Wirkung auf die Umwelt. Die Vielfältigkeit der Stoffe erschwert die Regulation der Mikroverunreinigungen (Gälli *et al.*, 2009). Dank des technischen Fortschritts sind viele Mikroverunreinigungen derzeit gut messbar. Auf Bundesebene existiert eine Datenbank über die Mikroverunreinigungskonzentration in den Zu- und Abflüssen der Kläranlagen und des oberirdischen Gewässers. Zudem wurde eine Liste mit 47 sogenannten schweizspezifischen Mikroverunreinigungen, die durch das kommunale Abwasser in die Umwelt gelangen, erstellt. Die Liste und die Kriterien für die Auswahl der schweizspezifischen Mikroverunreinigungen werden in Götz *et al.* (2011) beschrieben. Die wichtigsten Gruppen sind die Arzneimittel, die Biozide und die hormonaktiven Substanzen. Arzneimittel werden meistens kontinuierlich und ausschliesslich durch Abwasser in Gewässer eingetragen. Ein grosser Teil der Biozidverschmutzung stammt aus diffusen Quellen (Landwirtschaft) und ihr Eintrag hängt von der Applikationsperiode ab. Die Wirkschwellen der bedeutsamsten Mikroverunreinigungen sind grundsätzlich bekannt, Informationen zur Interaktion der Mikroverunreinigungen fehlen aber noch.

Die Menge und die Vielfältigkeit der Mikroverunreinigungen werden in Zukunft wahrscheinlich ansteigen. Einerseits wird die Bevölkerung zunehmend älter und mehr Medikamente einnehmen. Andererseits werden neue Stoffe zum Einsatz kommen und eine zunehmende Anzahl an Stoffen wird messbar sein.

### 2.3.1. Industrielle Nanopartikel

Nanopartikel sind Stoffe zwischen 1 und 100 nm. Wie bei den Mikroverunreinigungen ist die Zusammensetzung der Nanopartikel sehr unterschiedlich und sie sind überall zu finden, obwohl ihr Einfluss auf die Umwelt und die Gesundheit weitgehend unbekannt ist. Zu ihnen zählen Kohlenstoffnanoröhren, Metalloxyde, Nanokristalle, zero-valente Metalle und Dendrimere. Sie werden häufig verwendet, z. B. in Kunststoffen (Kohlenstoffnanoröhren), Arzneimitteln (Nanokristalle) oder Farbe (Metalloxyde). Silbernanopartikel werden häufig als antibakterielle Mittel verwendet und in verschiedensten Konsumgütern gefunden, z. B. in Socken oder Zahnpasten (Klaine *et al.*, 2008). Wegen der grossen Vielfältigkeit der Nanopartikel ist es schwierig, vernünftige Daten über ihre Konzentration im Wasser und über ihre Toxikologie zu sammeln<sup>27</sup>. Es wird vermutet, dass Nanopartikel eine bedeutende schädigende Wirkung haben können<sup>28</sup>. Das NFP 64<sup>29</sup> hat zum Ziel, das Potenzial und das Risiko der Nanopartikel zu untersuchen. Im Rahmen des NFP 64 behandelt das Projekt „Verhalten von Silbernanopartikeln in Kläranlagen“ spezifisch das Thema der Nanopartikeln im Abwasser<sup>30</sup>. Das Projekt hat Ende 2010 begonnen und wird bis ins Jahr 2015 dauern.

## 3. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen

Die *Abwassermengen* haben einen Einfluss auf (a) die Konzentrationen, (b) die Reinigungsleistung der ARA und (c) die Dimensionierung der Kanalisation:

- a) Verringert sich die Wassermenge, steigen die Konzentrationen. Dadurch werden Schleppekraft und Korrosionsverhalten in der Kanalisation beeinflusst. Die GEP-Massnahmen haben und werden viel dazu beitragen, Fremdwasser aus der Kanalisation zu entfernen. Sinkt dazu noch der Trinkwasserverbrauch drastisch, kann es zu übermässigen Ablagerungen, Geruchsproblemen und erhöhter Korrosion kommen. Die örtlich sehr geringen Trinkwasserverbrauchszahlen in Deutschland (z. T. weniger als  $90 \text{ Ld}^{-1}\text{E}^{-1}$ ) zeigen, dass diese Entwicklung auch in der Schweiz nicht ausgeschlossen werden kann. Allgemeine Aussagen zu den Kosten sind allerdings nicht möglich, da die Zunahme der Bevölkerung wiederum zu höheren absoluten Abwassermengen führt, was die Nachteile zu kompensieren vermag.
- b) Höhere Abwasserkonzentrationen verbessern im Allgemeinen die Reinigungsleistung in Kläranlagen. Ein Beispiel ist die Phosphorelimination, welche aufgrund der Konzentrationsabhängigkeiten direkt vom Durchfluss abhängig ist. Eine substantielle Erhöhung der Abwasserkonzentrationen kann kurzfristig zu Problemen in der ARA führen. Geeignete verfahrenstechnische Massnahmen führen jedoch in allen Fällen zu einer Netto-Verbesserung der Reinigungsleistung.

---

<sup>27</sup> Christian Abegglen, Eawag

<sup>28</sup> Die Nanopartikeln haben eine hohe Reaktivität wegen ihrer geringen Grösse und der entsprechend grossen reaktiven Fläche.

<sup>29</sup> <http://www.nfp64.ch/D/Seiten/home.aspx>

<sup>30</sup> Ralf Kägi, Eawag

- c) Die Dimensionierung der (Misch- und Regenwasser-)Kanalisation ist durch die abzuführende Regenmenge bestimmt. Versickerungen, Rückhaltmassnahmen und Verzicht auf Oberflächenversiegelung können die Anforderungen an die Ableitung lokal verringern und lokal bei Mischkanalisationen und Trennkanalisationen einen Einfluss auf die Kosten haben. In Zukunft muss damit gerechnet werden, dass durch den Klimawandel die für die Dimensionierung relevanten Spitzenregen häufiger und stärker werden. Die Reduktion der abzuleitenden Regenmengen steht dann den Aufwendungen für eine Vergrösserung der Kanäle gegenüber.

Die *Abwasserfrachten* beeinflussen die Dimensionierung der Kläranlagen und deren Reinigungsleistung.

- Der Einfluss von Gewerbe und Industrie auf die Abwasserfrachten ist substantiell, kann aber nicht abgeschätzt werden. Ökonomische und politische Randbedingungen können in kurzer Zeit grosse Veränderungen bewirken. Dies ist besonders für Kläranlagen kritisch, in denen wenige Betriebe die Dimensionierung der ARA substantiell beeinflussen. Verlassen solche Betriebe das Einzugsgebiet, sollte verhindert werden, dass die Allgemeinheit die Kosten der Überkapazitäten tragen muss. Wirksamste Massnahme ist es, den Kläranlagen genügend unternehmerische Freiheiten zu gewähren, um flexibel auf Veränderungen reagieren zu können. Dies könnte durch ein geeignetes Finanzierungs- und Organisationsmodell erreicht werden.

Auf nationaler Ebene können die folgenden Empfehlungen gemacht werden. Der Buchstabe in der Nummerierung deutet an, in welchem Modulbericht die entsprechende Empfehlung zum ersten Mal erwähnt wird: „A“ = Modulbericht 'Abwasseranfall'; „I“ = Modulbericht 'Infrastruktur'. Die Auflistung impliziert keine Bewertung oder Priorisierung:

- Die Entwicklung des *Dimensionierungsregens für die Kanalisation aufgrund des Klimawandels* ist noch weitgehend unbekannt. Es werden häufigere Starkregen und damit häufigere Überlastungen der Abwasserinfrastruktur (Mischwasserentlastungen und Strassenüberflutungen) erwartet. Allerdings sind die Unsicherheiten der Prognose enorm gross und es existieren in der Schweiz noch keine für die SWW relevanten Regenmodelle, die Starkregen vorhersagen können.

A-1a: Es sollte untersucht werden, welchen Einfluss der Klimawandel auf die Abwasserinfrastruktur haben könnte.

A-1b: Zur Reduktion von möglichen aber mit Unsicherheit behafteten Auswirkungen des Klimawandels sollten robuste, flexible und kosteneffiziente Massnahmen entwickelt werden.

A-1c: Es sollte eine einheitliche und praxisorientierte Versickerungsrichtlinie erarbeitet werden und die Architekten, Landschaftsplaner und Städteplaner sollten zu einem nachhaltigen Umgang mit Regenwasser in der Siedlung systematisch motiviert werden.

- *Art der Entwässerung*: Völlig offen ist im Moment die zukünftige Entwicklung der verschiedenen Arten von Entwässerung, sprich von Trenn- bis zu Mischsystemen. Der vermehrte Einsatz von oberflächenaktiven Bauchemikalien (z. B. Pestiziden) und die erhöhte Umweltbelastung (z. B. Strassenverkehr) machen es immer schwieriger, zwischen verschmutztem Abwasser und nicht verschmutztem Regenwasser zu unterscheiden.

I-11: Es sollten nationale Empfehlungen und Wegleitungen erarbeitet werden, die die Entscheide über Entwässerungssysteme (z.B. Trenn- oder Mischkanalisation) und die Optimierung der bestehenden Systeme unterstützen.

- *Spurenstoff-Massenbilanzen*: Spurenstoffe werden in den nächsten 50 Jahren ein Dauerthema bleiben. Die Entwicklung neuer Stoffe wie Chemikalien, Nahrungsmitteladditive, Pharmaka, Bauchemikalien und Baumaterialien wird immer neue Problemstoffe oder ‚Sorgenstoffe‘ hervorbringen. Dabei gilt es, zwischen den abwasserbürtigen Stoffen und den im abfließenden Regenwasser vorhandenen Substanzen zu unterscheiden. Beide gelangen über Kläranlagen, Mischwasserentlastungen, Fehlanschlüsse oder Defekte in die Gewässer, abfließendes Regenwasser stellt dabei aber eine eher diffuse Quelle dar.

A-2: Die Spurenstoff-Massenflussströme, die die Eintragspfade von Spurenstoffen in die Umwelt charakterisieren, sollten quantifiziert werden.

\*aus abgeleitetem Regenwasser \*aus Kanälen (Mischwasser, Fehlanschlüsse, Exfiltration)

- Die *Spurenstoffe und Nanopartikel* sind die heutigen Herausforderungen der Abwasserreinigung. Die neue Regulierung bezüglich der Mikroverunreinigung wird in den nächsten Jahren definiert. Die Nanopartikel, ihr Einfluss auf die Umwelt und ihr Verhalten in derselben werden vom NFP 64 untersucht. Ergebnisse sollen im Jahr 2015 verfügbar sein.

A-3: Für eine effektivere Nutzung der Forschung sollten Mechanismen geschaffen werden, die den Austausch zwischen Forschung, Behörden/Entscheidungssträgern und Praxis kontinuierlich fördern (z.B. beim NFP 64).

## 4. Referenzen und Quellen

- ARE (2011). Raumkonzept Schweiz. Bundesamt für Raumentwicklung. Bern
- Bauchrowitz, M. (2010). Dezentrale Abwasserreinigung – Modell der Zukunft? Eawag News. Dübendorf. 68d: 17-21.
- Bernard, M., Mange, P. (2010). Bilan d'épuration des eaux usées en Valais. Année 2009. Service de la protection de l'environnement. Canton du Valais.
- Boller, M. (2001). Belastung des Regenwassers mit Schadstoffen und neue technische Reinigungsverfahren mit Adsorbentien. VSA-Hauptmitgliederversammlung 30. März 2001.
- Boller, M. (2004). Towards sustainable urban stormwater management. In: Creative Water and Wastewater Treatment Technologies for Densely Populated Urban Areas. Herausgeber: G. H. Chen, J. C. Huang, C. Shang, J. J. P. Fang and Y. Watanabe. London, IWA Publishing. 4: 55-65.
- Bolzonella, D., Pavan, P., Battistoni, P., Cecchi, F. (2003). "The under sink garbage grinder: A friendly technology for the environment." Environmental Technology 24(3): 349-359.
- Brombach, H., Weiss, G., Fuchs, S. (2005). "A new database on urban runoff pollution: comparison of separate and combined sewer systems." Water Science and Technology 51(2): 119-128.
- Brühlmann, F. (2003). Utilisation judicieuse de l'eau de pluie: Possibilités et limites, Conseils et critères, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- Bundesamt für Statistik (2009). „Demografisches Porträt der Schweiz: Ausgabe 2009“. Neuchâtel
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2009). Wassersensible Stadtentwicklung. Deutschland.
- Burian, S. J., Nix, S. J., Pitt, R.E., Durrans, S.R. (2000). "Urban wastewater management in the United States: Past, present, and future." Journal of Urban Technology 7(3): 33-62.
- Butler, D., McEntee, B., Onof, C., Hagger, A. (2007). "Sewer storage tank performance under climate change." Water Science and Technology 56(12): 29-35.
- Donovan, E., Unice, K., Roberts, J.D., Harris, M., Finley, B. (2008). "Risk of gastrointestinal disease associated with exposure to pathogens in the water of the Lower Passaic River." Applied and Environmental Microbiology 74(4): 994-1003.
- Ehram, S. (2004). Fremdwasser in Kanalisationen. Erkennen und vermeiden. Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft.
- Evans, T. D., Andersson, P., Wievegg, A., Carlsson, I. (2010). "Surahammar: a case study of the impacts of installing food waste disposers in 50% of households." Water and Environment Journal 24(4): 309-319.
- Gälli, R., Schmid-Kleikemper, J., Ort, C., Schäfer, M. (2009). Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Bundesamt für Umwelt.
- Götz, C., Hollender, J., Kase, R. (2011). Mikroverunreinigungen: Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Dübendorf, Eawag.

- Grum, M., Jorgensen, A. T., Johansen, R.M., Linde, J.J. (2006). "The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climates model simulations." *Water Science and Technology* **54**(6-7): 9-15.
- Gujer, W. (1999). *Siedlungswasserwirtschaft*. Berlin, Springer-Verlag.
- Ham, Y. S., Kobori, H., Takasago, M. (2009). "Effects of combined sewer overflow and stormwater on indicator bacteria concentrations in the Tama River due to the high population density of Tokyo Metropolitan area." *Environmental Monitoring and Assessment* **152**(1-4): 459-468.
- Hörler, A. (1966). *Kanalisation*. Sonderdruck aus dem Ingenieur-Handbuch Band II.
- Kaufmann, P., Herren, H. M. (2000). *Wohin mit dem Regenwasser?* Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft.
- Kegebein, J., Hoffmann, E., Hahn, H. H. (2001). "Co-Transport und Co-Verwertung - eine Alternative zur getrennten Bioabfallsammlung." *GWF, Wasser - Abwasser* **142**(6): 429-434.
- Kim, G., Yur, J., Kim, J. (2007). "Diffuse pollution loading from urban stormwater runoff in Daejeon city, Korea." *Journal of Environmental Management* **85**(1): 9-16.
- Klaine, S.J., Alvarez, P.J., Batley, G.E., Fernandes, T.F., Handy, R.D., Lyon, D.Y., Mahendra, S., McLaughlin, M.J., Lead, J.R. (2008). "Nanomaterials in the environment: Behavior, fate, bioavailability, and effects." *Environmental Toxicology and Chemistry* **27**(9): 1825-1851.
- Kracht, O. (2007). *Tracer-based Hydrograph Separation Methods for Sewer Systems*. Zürich, ETH. Ph.D. Thesis.
- Kunz, Y., von Gunten, U., Maurer, M. (2009). *Wasserversorgung 2025*. Dübendorf, Eawag.
- Larsen, T. A., Maurer M. (2011). *Source Separation and Decentralization*. In: *Treatise in Water Science*. Herausgeber: Wilderer, P.H., International Water Association (IWA) Publishing. Elsevier 2011.
- Mannina, G., Viviani, G. (2009). "Separate and combined sewer systems: a long-term modelling approach." *Water Science and Technology* **60**(3): 555-565.
- Matter, D., Fahrländer, S. et al. (2008). *Bauzonen Schweiz: Wie viele Bauzonen braucht die Schweiz?* Zürich, Fahrländer Partner AG.
- Maurer, M., Herlyn, A. (2006). *Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung*. Bundesamt für Umwelt, Eawag: 63.
- Musolff, A., Leschik, S., Reinstorf, F., Strauch, G., Schirmer, M. (2010). "Micropollutant Loads in the Urban Water Cycle." *Environmental Science & Technology* **44**(13): 4877-4883.
- Nie, L., Lindholm, O., Lindholm, G., Syversen, E. (2009). "Impacts of climate change on urban drainage systems - a case study in Fredrikstad, Norway." *Urban Water Journal* **6**(4): 323-332.
- OcCC and ProClim- (2007). *Klimaänderung und die Schweiz 2050: Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft*. Bern.
- Onof, C., Arnbjerg-Nielsen, K. (2009). "Quantification of anticipated future changes in high resolution design rainfall for urban areas." *Atmospheric Research* **92**(3): 350-363.
- Rossi, L. (1998). *Qualité des eaux de ruissellement urbaines*. Thèse N° 1789. EPFL.

- Schmidli, J., Frei, C. (2005). "Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century." *International Journal of Climatology* **25**(6): 753-771.
- Scholz, M., Grabowlecki, P. (2007). "Review of permeable pavement systems." *Building and Environment* **42**(11): 3830-3836.
- Segond, M. L., Neokleous, N., Makropoulos, C., Onof, C., Maksimovic, C. (2007). "Simulation and spatio-temporal disaggregation of multi-site rainfall data for urban drainage applications." *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques* **52**(5): 917-935.
- Thomann, M. (2002). Datenkontrolle von Abwasserreinigungsanlagen mit Massenbilanzen, Experimenten und statistischen Methoden. Zürich, ETH. Ph.D. Thesis.
- Verworn, H.-R. (1999). Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz: Die Anwendung von Kanalnetzmodellen in der Stadthydrologie, SuG-Verlagsgesellschaft.
- Vioget, P., Jaquerod, C.-A. et al. (2010). Bilans 2009 de l'épuration vaudoise. Service des eaux, sols et assainissement, Canton de Vaud
- Welker, A. (2008). Emissions of pollutant loads from combined sewer systems and separate sewer systems – Which sewer system is better? 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
- Weyrauch, P., Matzinger, A., Pawlowsky-Reusing, E., Plume, S., von Seggern, D., Heinzmann, B., Schroeder, K., Rouault, P. (2010). "Contribution of combined sewer overflows to trace contaminant loads in urban streams." *Water Research* **44**(15): 4451-4462.

#### 4.1. Persönliche Mitteilungen

- Christian Abegglen, Gespräch vom 5. Januar 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Marc Bernard, Telefongespräch vom 18. Januar 2011, Service de l'environnement du Valais, Section protection des eaux, Rue des Creusets 5, 1951 Sion
- Markus Boller, Brief vom 10. Mai 2008, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Claude-Alain Jaquerod, Telefongespräch vom 19. Januar 2011, Service des Eaux, Sols et Environnement du Canton de Vaud, Chemin des Boveresse 155, 1066 Epalinges
- Mark Honti, Gespräch vom 6. Januar 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Ralf Kägi, Gespräch vom 17. Januar 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Thomas Lang, Gespräch vom 21. Januar 2011, Amt für Umweltschutz und Energie, Baselland, Rheinstrasse 29, 4410 Liestal
- Tove Larsen, Gespräch vom 10. Januar 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Michele Steiner, Gespräch vom 10. Januar 2011, WST-21, Technoparkstrasse 1, 8005 Zürich
- Dominique Zürcher, E-Mail vom 23. Juli 2010, Service de l'assainissement, Ville de Lausanne

# Abwasserentsorgung 2025

## 5 Einfluss von Abwasser auf Gewässer

Fabienne Chawla, Philipp Stauer und Max Maurer  
Dübendorf, August 2012



## Inhalt

Zusammenfassung .....	- 153 -
1. Einleitung und Eingrenzung .....	- 154 -
2. Eintragspfade von Abwasser .....	- 155 -
3. Einflussfaktoren auf die Gewässer .....	- 158 -
4. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen .....	- 170 -
5. Referenzen und Quellen .....	- 173 -

**Berichtsexperte Eawag:** Alfred Wüest

**Titelfoto:** Revitalisierung an der Seez, Eawag

## Zusammenfassung

Die Gewässerqualität in der Schweiz hat sich in den letzten Dekaden deutlich verbessert. Der Ausbau der Abwasserbehandlung mit Nitrifikation, Denitrifikation und Phosphatentfernung sowie das Phosphatverbot in Waschmitteln haben die Nährstofffrachten aus urbanen Räumen deutlich verringert. Diese Entwicklung verschiebt den Fokus auf landwirtschaftliche Nährstoffquellen. Heute sind Probleme für die Biozönose insbesondere in kleinen Fließgewässern zu erwarten, wo gereinigtes Abwasser, Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen (stofflich und hydraulisch) eine relativ hohe Belastung verursachen können.

Mikroverunreinigungen stellen die Abwasserentsorgung heute und bis in absehbare Zukunft vor grosse Herausforderungen. Die grosse Vielfalt von Stoffen, die sich kontinuierlich erweitert und in sehr geringen Konzentrationen Wirkungen in der aquatischen Umwelt entfalten kann, stellt herkömmliche Monitoringkonzepte vor grosse Aufgaben. Schon heute sind anthropogene Mikroverunreinigungen regional in relevanten Konzentrationen in unterirdischen und oberirdischen Gewässern nachweisbar. Über die ökotoxikologischen Wirkungen vieler Einzelstoffe, der Wirkung von Stoffmischungen und pulsartiger Stoffeinträge sind noch ungenügende Kenntnisse vorhanden.

Grundwasser bildet in der Schweiz die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung. Durch den Austausch zwischen Grundwasserkörper und Oberflächengewässern sowie durch Exfiltration von Abwasser aus der Kanalisation kann eine Verunreinigung des Grundwassers stattfinden. Insbesondere Karstquellen sind anfällig. Mikroverunreinigungen werden bereits in geringen Konzentrationen im Grundwasser gemessen, die nach heutigem Kenntnisstand zu keiner Gesundheitsgefährdung führen sollten. Aus vorsorglichen Gründen sollte die stoffliche Belastung des Grundwassers möglichst tief gehalten werden.

Dem Klimawandel wird eine zukünftige Häufung lang anhaltender Trockenwetterperioden zugeschrieben. Wie der Sommer 2003 bereits verdeutlichte, schränkt dies die Wärmeaufnahmekapazität der Gewässer ein. Wärmelasten aus der Abwasserentsorgung und der Energiewirtschaft gilt es daher in Zukunft zu erfassen und zu optimieren.

Die hygienische Qualität der als Badegewässer deklarierten Gewässer ist normalerweise gut und erlaubt das Baden während des ganzen Sommers. Trotzdem kann die hygienische Qualität bei Regenwetter durch Mischwasserentlastungen lokal beeinträchtigt werden.

Der Modulbericht schliesst mit einer Reihe von Schlussfolgerungen und Empfehlungen ab.

# 1. Einleitung und Eingrenzung

## 1.1. Eingrenzung

Als „europäisches Wasserschloss“ hat die Schweiz eine besondere Verantwortung, die Gewässer vor negativen Folgen durch Einträge von Schad-, Schmutz- und Nährstoffen zu schützen. Durch verschiedene Eintragspfade gelangt Abwasser in die Gewässer und beeinflusst deren Qualität und Ökologie. Dieser Modulbericht konzentriert sich auf den Einfluss der Abwasserentsorgung auf die Gewässer. Er nimmt also nicht in Anspruch, ein vollständiges Bild über den allgemeinen Zustand der schweizerischen Gewässer [BAFU, 2009] wiederzugeben. Dieser Bericht gliedert sich anhand der wichtigsten Einflussfaktoren der urbanen Abwasserentsorgung auf die Gewässer.

## 1.2. Rechtliche Grundlagen

Die Gewässerschutzverordnung (GSchV) [Bundesrat, 1998] definiert ökologische Ziele (Anhang 1) und Anforderungen an die Gewässerqualität (Anhang 2). Für oberirdische Gewässer werden für einige Parameter zusätzlich zu den allgemeinen Qualitätsanforderungen Konzentrationsgrenzwerte vorgegeben. Für unterirdische Gewässer, die der Trinkwasserversorgung dienen, werden weitergehende Anforderungen gestellt. Zusätzlich bestimmt der Anhang 3 der GSchV die Anforderungen an die Einleitung von Abwasser. Dabei werden die Anforderungen in Abhängigkeit vom Schutzniveau und der Empfindlichkeit des Gewässers abgestuft.

## 1.3. Datengrundlage

Auf Bundesebene werden beschreibende Daten über die Gewässer im hydrologischen Jahrbuch publiziert [BAFU, 2009]. Dieses enthält Informationen über die Wasserstände der Seen und des Grundwassers, die Abflüsse der Fließgewässer sowie die physikalischen und chemischen Merkmale der Fließgewässer (Temperatur, Schwebstoffe, pH, gelöster Sauerstoff). Diese Daten stammen unter anderem aus zwei Bundesdatenbanken: die NADUF (Nationale Daueruntersuchung der Fließgewässer)<sup>1</sup> und die NAQUA (Nationale Grundwasserbeobachtung)<sup>2</sup>. In der NAQUA<sup>3</sup>-Datenbank werden Daten über die Wasserstände, die Temperatur und die elektrische Leitfähigkeit gesammelt. Die NAQUA-Datenbank enthält mehrere Module: Eines bezieht sich auf die Verunreinigungen im Grundwasser (SPEZ) und ein weiteres auf die Entwicklung der Grundwasserqualität (TREND). In diesen zwei Modulen werden Messungen der Nährstoffe ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), der Spurenelemente (z. B. Li, Cd, Cu, Zn), der Pflanzenschutzmittel und Abwassertracer (Arzneimittel) gespeichert. Zusätzlich werden Indikatoren für die Gewässerqualität auf der Webpage<sup>4</sup> des BAFU publiziert. Die chemischen Analysen können auf

---

<sup>1</sup> NADUF <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01831/01840/index.html?lang=de>

<sup>2</sup> NAQUA: <http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07498/index.html?lang=de>

<sup>3</sup> <http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07498/index.html?lang=de>

<sup>4</sup> Webseite des Bafu: <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/08605/index.html?lang=de>

der Eawag-Website eingesehen werden<sup>5</sup>. Auf kantonaler Ebene wird die Gewässerqualität kontrolliert und die Resultate werden regelmässig in verschiedenen Berichten veröffentlicht (z. B.: BAFU, 2009; DIM/SECOE, 2010; Niederhauser et al., 2006).

## 2. Eintragspfade von Abwasser

### 2.1. Ablauf Abwasserreinigungsanlagen

In der Schweiz hat sich die Reinigungsleistung der Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in den letzten Jahren besonders mit der Einführung der Nitrifikation entscheidend verbessert. Die von Abläufen der ARA verursachten Probleme beschränken sich heute meistens auf kleine Fliessgewässer oder auf Stoffgruppen, die sich entlang eines Fliessgewässers akkumulieren [VOKOS, 2010]. Die Gewässerbelastung durch ARA-Abläufe erfolgt kontinuierlich an einer beschränkten Anzahl von Stellen. Abbildung 1 zeigt den prozentualen Anteil an biologisch gereinigten Abwasser in Schweizer Fliessgewässern unterhalb von ARA unter folgenden Bedingungen und Annahmen: 1. Niedrigwasserabfluss im Gewässer ( $Q_{347}$ ), 2. Mittlerer Abwasseranfall pro Person und Tag (400 Liter), 3. Abwasser aller ARA aus dem Oberlauf wird auch mitberücksichtigt. Bei diesen Zahlen handelt es sich um grobe Abschätzungen, die jedoch eine gute gesamtschweizerische Übersicht ermöglichen.

Je höher der Abwasseranteil im Gewässer, desto weniger werden mit dem gereinigten Abwasser eingetragene Stoffe verdünnt. In Fliessgewässern mit einem hohen Abwasseranteil sind demzufolge auch potentiell höhere Konzentrationen an abwasserbürtigen Stoffen zu erwarten. Abhängig vom Eliminationsgrad und damit auch vom Ausbaugrad und Betrieb der ARA steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Anforderungswerte der GSchV überschritten werden. Dieselbe Abhängigkeit von Abbaugrad und Verdünnung zeigen auch Mikroverunreinigungen, die vor allem über Schmutzwasser in die Umwelt gelangen. Für verschiedene Mikroverunreinigungen sind Überschreitungen von ökotoxikologischen Beurteilungskriterien dokumentiert [Götz et al, 2010; IKS, 2010].

---

<sup>5</sup> [http://www.eawag.ch/forschung/wut/schwerpunkte/chemievonwasserressourcen/naduf/datendownload\\_EN](http://www.eawag.ch/forschung/wut/schwerpunkte/chemievonwasserressourcen/naduf/datendownload_EN)

### Prozentanteil gereinigtes Abwasser an der Abflussmenge Q347

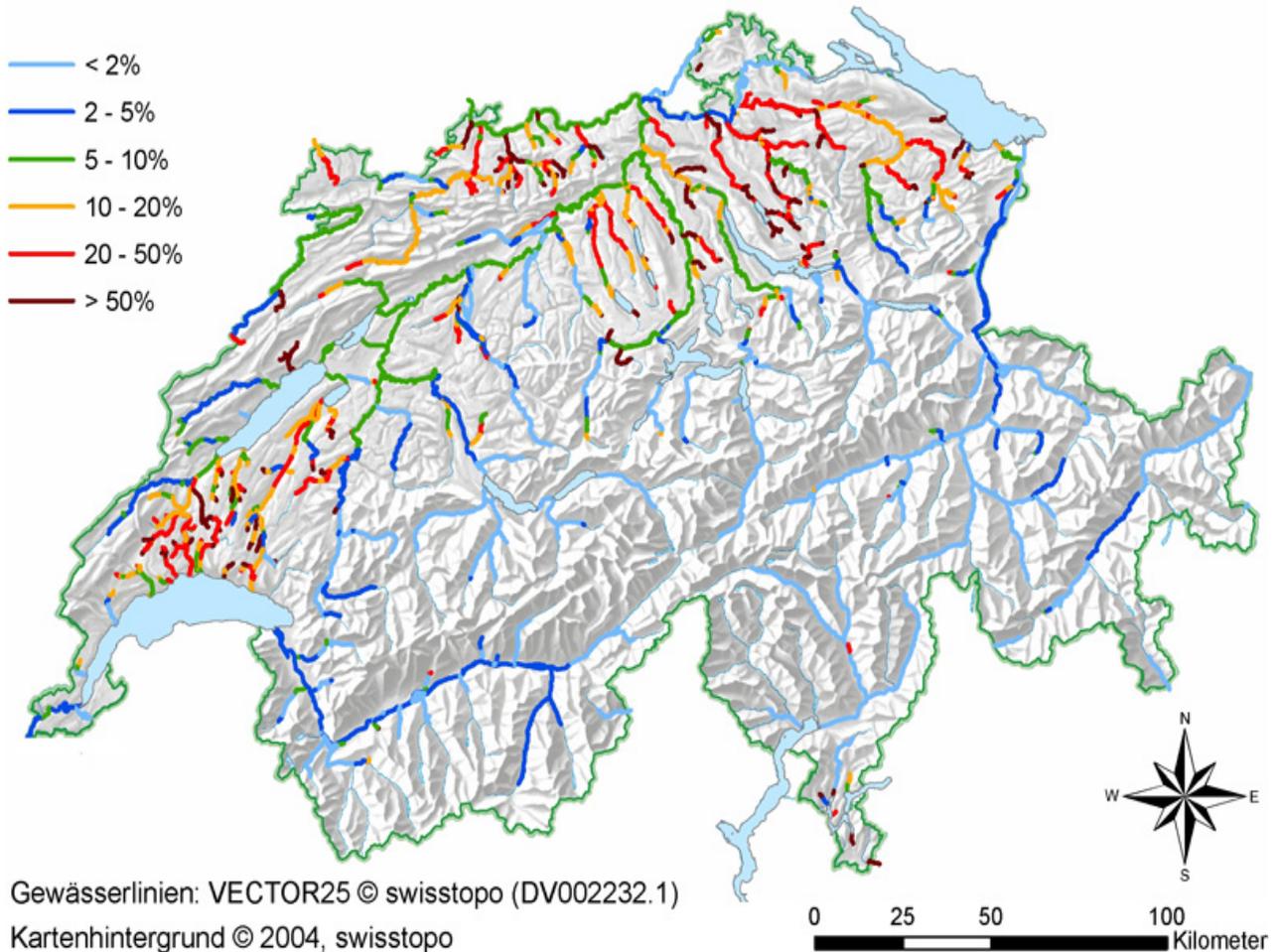


Abbildung 1: Verdünnungsfaktoren für gereinigtes Abwasser in Schweizer Fliessgewässern unterhalb von ARA. Siehe Text für weitere Erläuterungen [BAFU, 2010]

## 2.2. Mischwasserentlastungen & Regenwassereinleitungen

Die Belastungen durch Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen aus dem Trennsystem treten zwar wie die ARA-Abläufe punktuell auf, die grosse Anzahl von Einleitungen ergibt dennoch eine diffuse Belastungscharakteristik. Die Mischwasserentlastungen leiten aufgrund der beschränkten hydraulischen Kapazität der ARA und in einigen Fällen auch wegen hydraulischer Überlastung des Kanalnetzes während Starkregen und bei lang anhaltendem Dauerregen das Abwasser und die enthaltenen Schadstoffe direkt in die Gewässer. Die Häufigkeit der Mischwasserentlastungen wurde im Modulbericht „Abwasseranfall“ diskutiert.

Mischwasserentlastungen können für einen signifikanten Anteil der Gewässerbelastung verantwortlich sein, was z. B. im Greifensee der Fall ist [Basler & Hofmann et al., 2006]. Besonders kritische Folgen der Mischwasserentlastungen sind zu erwarten, wenn das ungereinigte Mischwasser in Fliessgewässern mit geringer Wasserführung geleitet wird. Dies kann zu kritischen Verhältnissen (z. B. zu hohe

Ammonium/Ammoniak-Konzentration) für Lebewesen führen [VOKOS, 2010]. Diese Situation ist bei mittlerer Regenintensität noch verschärft, wenn eine grosse Menge Mischwasser, die nur wenig verdünnt ist, entlastet werden muss. Bei geringer Regenintensität werden keine grossen Mengen Mischwasser entlastet und bei hoher Regenintensität ist das Abwasser soweit mit Regenwasser verdünnt, dass keine hohen Schadstoffkonzentrationen im Fliessgewässer entstehen [Gujer, 1999].

Mangelhafte Kontrollen im Bau und Betrieb können ebenfalls zu Gewässerbelastungen führen. Dazu gehören Fehlschlüsse in Trennsystemen, illegales oder unabsichtliches Einleiten von Schmutzwasser in Regenwasserkanäle oder Verstopfen von Drosselstrecken. Die Gewässerbelastung durch solche Fehler ist nicht quantifiziert.

### 2.3. Versickerung & Exfiltration aus Kanalisation

In der Schweiz spielt das Grundwasser eine wichtige Rolle für die Trinkwasserversorgung. Mehr als 80% des Trinkwassers wird aus Grundwasser gewonnen [BAFU / BFS, 2009]. Gemäss der Gewässerschutzverordnung muss Grundwasser für die Trinkwassernutzung nach Anwendung einfacher Aufbereitungsverfahren den Anforderungen der Lebensmittelgesetzgebung entsprechen (GSchV, Anhang 2). Die Wegleitung Grundwasserschutz [BAFU, 2004] beschreibt die Massnahmen zum Schutz des Grundwassers.

Das Grundwasser kann durch verschiedene Quellen verschmutzt werden. Die Verbindung zwischen ober- und unterirdischen Wasserkörpern kann zu einer Verunreinigung des Grundwassers durch Infiltration führen. Die Bodenpassage zwischen der Gewässersohle und dem Grundwasser hat dabei eine Filterwirkung. Die Effizienz dieses Filters hängt von der Dauer der Passage im Boden ab [VOKOS, 2004]. Die Kontamination des Grundwassers mit Ammonium, Nitrat und Phosphat stammt vor allem aus der Landwirtschaft [Niederhauser et al., 2006]. Von landwirtschaftlichen Flächen gelangen Dünger (Ammonium, Nitrat und Phosphat) einerseits direkt durch die Bodenpassage ins Grundwasser. Andererseits findet bei starken Regenereignissen eine Abschwemmung von Dünger in die Fliessgewässer statt, von wo aus die Düngereinhaltsstoffe ebenfalls durch die Gewässersohle ins Grundwasser infiltrieren. Zusätzlich kann das Grundwasser durch Abwasserexfiltration aus der Kanalisation belastet werden. Dieser Prozess wurde im Modulbericht „Siedlungshydrologie“ beschrieben.

Ein Bericht des Bundesamtes für Gesundheit über den Zeitraum 1994 und 2006 zeigt, dass Trinkwasser selten ein Grund für Krankheitsfälle ist [BAG, 2008]. Innerhalb dieser 12 Jahre wurden nur neun Krankheitsfälle aufgrund von kontaminiertem Trinkwasser gemeldet. Der Ursprung der Trinkwasserkontamination ist in diesem Bericht nicht vermerkt und kann deswegen nicht direkt dem Abwasser zugewiesen werden. Das bekannteste Ereignis einer Trinkwasserkontamination durch Abwasser wurde in La Neuveville (BE) im Jahr 1998 publik [Köster et al., 2002]. In diesem Fall führte ein Pumpendefekt dazu, dass Abwasser aus der defekten Kanalisation in das Grundwasser exfiltrierte und das Trinkwasser kontaminierte [Kanton BE, 1999]. 1600 Personen erkrankten durch *Shigella sonnei* und *Campylobacter jejuni*. Ein bekanntes älteres Beispiel ist die Trinkwasserkontamination von Zermatt im Jahr 1963. Dort hatte eine schlechte Planung der Trink- und Abwassernetze zu einer Typhusepidemie geführt. Das Abwasser wurde in den Zmuttbach geleitet, der als Trinkwasserreservoir genutzt wurde. Gleichzeitig war die Chlorierungsanlage von Zermatt defekt, was zur Verbreitung von *Salmonella typhi* führte [Köster et al., 2002]. Drei Personen starben und 435 Personen wurden im Hospital behandelt [Schneider, 2010].

Während Hochwasser ist es möglich, aber selten, dass das Trinkwasser durch Abwasser lokal kontaminiert wird. Gefährdet sind insbesondere Karstquellen. Diese Ereignisse führen normalerweise nicht zu einem Gesundheitsrisiko, da die Kontamination schnell bemerkt und anschliessend auf Ersatzquellen umgestellt wird. Obwohl Hochwässer aufgrund des Klimawandels häufiger auftreten werden, wird aber nicht erwartet, dass die Trinkwasserkontaminationen zunehmen werden [OcCC/ProClim-, 2007], da diese Ereignisse selten sind und das Versagen verschiedener Barrieren erfordern.

## 2.4. Strassenabwasser

Niederschlag, der von innerstädtischen und ausserörtlichen Strassen abfliesst, wird meist mit Schwermetallen, Sedimenten und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen belastet [Langbein et al., 2006]. Zwischen der Höhe der Belastung durch Einzelstoffe und der Verkehrsbelastung (resp. der Intensität der Strassenreinigung) besteht ein enger Zusammenhang [Boller, 2006]. Innerstädtische Verkehrswege werden in der Regel über die Ortsentwässerung gesammelt und abgeleitet. Überlandstrassen werden oft über die Schulter oder Wegeseitengräben entwässert. Niederschlagswasser von bedeutenden Kantonsstrassen und Autobahnen werden wie in Trenngebieten auch über eine separate Regenwasserkanalisation abgeleitet. Ob die Regenabflüsse einer Behandlung bedürfen, wird je nach Anwendungsfall anhand der Wegleitungen für Strassenabwässer [BUWAL, 2002], der Richtlinie Regenwasserentsorgung des VSA [VSA, 2002] bzw. STORM [VSA, 2007] entschieden.

# 3. Einflussfaktoren auf die Gewässer

## 3.1. Temperatur

Wärmeeinleitung und -entnahme können ebenfalls wesentliche Eingriffe in die Gewässer darstellen, weil die natürlich in den Gewässern ablaufenden Prozesse und die Habitatanforderungen der Lebensgemeinschaften von der Temperatur abhängen. Die gesetzliche Definition des Begriffs Abwasser schliesst Einleitungen von Wasser ein, bei dem durch Gebrauch die Temperatur verändert wurde<sup>6</sup>, z. B. Kühlwasser aus industriellen Anlagen oder Anlagen zur Stromerzeugung. Die GSchV konkretisiert in Anhang 1 die Anforderungen für Gewässer<sup>7</sup> insofern/so, „*dass die Temperaturverhältnisse naturnah*“ zu belassen sind. Für Fliessgewässer werden die Anforderungen an die Temperatur unter Berücksichtigung weitgehender Durchmischung so festgelegt: *“Die Temperatur eines Fliessgewässers darf durch Wärmeeintrag oder -entzug gegenüber dem möglichst unbeeinflussten Zustand um höchstens 3°C, in Gewässerabschnitten der Forellenregion um höchstens 1,5°C, verändert werden; dabei darf die Wassertemperatur 25°C nicht übersteigen.”*

---

<sup>6</sup> Art 4 GSchG

<sup>7</sup> GSchV Anhang 1: 12 Abs 4

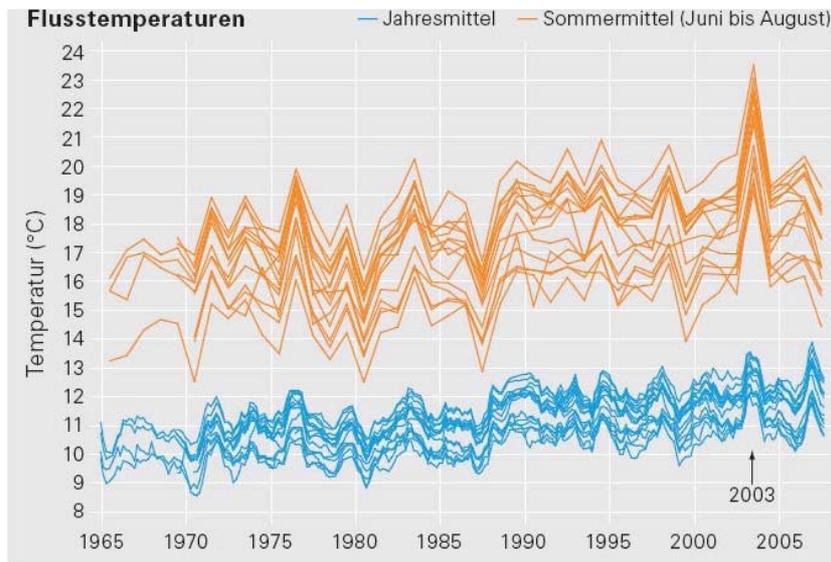


Abbildung 2: Wassertemperaturen ausgewählter Schweizer Fließgewässer zwischen 1965 und 2008 [Hari et al., 2006], Bild: [Kipfer und Livingstone, 2008]

Die Temperatur der schweizerischen Fließgewässer hat in den vergangenen Jahrzehnten (von 1978 bis 2002) um 0,4°C bis 1,6°C zugenommen. Diese Erwärmung wird vor allem während der ersten Jahreshälfte erkennbar und erfolgte zu einem grossen Teil Ende der achtziger Jahre [Hari und Güttinger, 2008]. In Gewässern mit natürlicherweise tiefen Temperaturen kann eine Erwärmung positive Effekte haben, während in bereits relativ warmen Gewässern die negativen Wirkungen überwiegen. Langjährige Messreihen von Seen und Fließgewässern zeigen, dass in vielen Oberflächengewässern ein Anstieg der Wassertemperaturen zu beobachten ist. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Wassertemperaturen in ausgewählten Fließgewässern [Hari et al., 2006]. Die Effekte dieser Erwärmung lassen sich für viele Lebensgemeinschaften nicht genau quantifizieren, da sich viele Prozesse überlagern. Untersuchungen zum Einfluss der Temperaturzunahme auf die Habitate der Bachforelle [Notter, 2009] ergaben, dass die Bachforellen im positivsten Fall etwa 6% ihrer Habitate verlieren, im schlechtesten Fall über 40%.

In der Abwasserentsorgung wird demnach die Berücksichtigung des Wärmehaushaltes an Bedeutung gewinnen, wenn die natürlichen Temperaturverhältnisse und eine ortsübliche Fischfauna bewahrt werden sollen. Derzeitige Ambitionen im Siedlungsraum, Abwasser und dessen Infrastruktur zum Wärmeausgleich zu nutzen, indem im Sommer Wärme ans Abwasser abgegeben und im Winter aus dem Abwasser zurückgewonnen wird, sind zukünftig auch im Hinblick auf den Wärmehaushalt der Gewässer zu beurteilen. Die Einleitung von Kühlwasser aus industriellen Anlagen und Anlagen zur Energieerzeugung werden diese Situation deutlich verschärfen [Kipfer und Livingstone, 2008]. Dazu kommt noch die infolge des Klimawandels erwartete Verschärfung der Sommersituation durch höhere Temperaturen und vermehrte Trockensituationen. Ebenfalls relevant ist in diesem Zusammenhang die aktuelle Tendenz, Kläranlagen zusammenzulegen und diese stromabwärts an stärkere Gewässer zu platzieren. Damit wird auch substantiell in den Wasser- und Temperaturhaushalt der bisherigen (kleineren) Einleitgewässer eingegriffen. Die Reduktion des Basisabflusses senkt die Niedrigwassermengen und erhöht die relative Schwankungsbreite des Abflusses.

Seen sind im Vergleich zu Fliessgewässern gegenüber Erwärmung durch Sonneneinstrahlung sensibler. Die verlängerte Verweilzeit ermöglicht eine Erwärmung des Seewassers. Erhöhte Lufttemperaturen und vermehrte Sonneneinstrahlung haben so grössere Auswirkungen als bei Fliessgewässern<sup>8</sup>. Die Auswirkungen eines Temperaturanstieges auf den Sauerstoffhaushalt sind insbesondere in flachen Seen dramatisch. Dort sind im Jahresverlauf Sauerstoffdefizite bereits unter derzeitigen Temperaturverhältnissen zu beobachten. Ein weiterer Temperaturanstieg gepaart mit einer geringeren Sättigungskonzentration würde diese Situationen verschärfen.

### 3.2. Stickstoff

Nitrat in oberirdischen Gewässern stammt überwiegend aus der Landwirtschaft [Zobrist und Reichert, 2006]. Die Ausnahmen bilden dicht besiedelte Regionen, wo kommunales Abwasser für eine grosse Menge Nitrat verantwortlich ist. Die Kantone Bern und Solothurn beziffern die Nitratquellenverteilung aus der Landwirtschaft auf 50%, aus dem Abwasser auf 25% und aus natürlichen Quellen auf 20%. Der Nitratgehalt in Seen nahm bis Ende der 1980er-Jahre zu. Anschliessend nahmen die Nitratkonzentrationen stetig ab, weil die Anstrengungen, die Nährstoffemissionen in der Landwirtschaft und dem urbanen Raum zu vermindern, erfolgreich waren [Spreefico und Weingartner, 2005]. In den Kantonen Bern und Solothurn haben sich die Nitratkonzentrationen in den Gewässern während der letzten Jahre nicht wesentlich verändert [VOKOS, 2010].

Die Kantone Bern und Solothurn haben 2010 eine Verbesserung der allgemeinen Gewässerqualität seit 2004 dokumentiert [VOKOS, 2010]. Besonders die Nitrifikation in den ARA hat die Ammonium- und Nitritkonzentration in den Gewässern innerhalb der letzten 10-15 Jahre vermindert. Die Ammonium- und Nitritkonzentrationen entsprechen heute in den meisten Gewässern den gesetzlichen Anforderungen. Die Qualitätsziele werden gelegentlich in kleinen Fliessgewässern überschritten. Der Kanton Genf hat 2010 verglichen mit 2003 ebenfalls eine Verbesserung beobachtet, die der Erweiterung einiger ARA zugeschrieben wird. Trotz der Erfolge erfüllen nur 43% der Messstellen alle Anforderungen der GSchV. Phosphor und Nitrit wurden häufig in zu hohen Konzentrationen vorgefunden. Nitrat war in 76% der Messstationen unterhalb der Grenze der GSchV [BAFU, 2009]. Im Kanton Zürich erfüllen 97% der Wasserproben die Zielvorgaben für Ammonium und für Nitrit, 86% erfüllen die Zielvorgaben für Phosphat und 74% der Wasserproben erfüllen die Zielvorgaben für Nitrat [Niederhauser et al., 2006].

### 3.3. Phosphor

Phosphor ist in Seen normalerweise der limitierende Stoff für das Wachstum der Algen. In Fliessgewässern reicht die geringe natürliche Phosphorkonzentration für das Wachstum der Pflanzen aus [Niederhauser et al., 2006]. Vor 1984 stammten die Phosphate in Gewässern überwiegend aus den Haushalten und damit aus den ARA. Das Verbot der Phosphate in den Waschmitteln im Jahr 1984, die Verbesserung der Phosphatelimination in den ARA und die Zunahme des Anschlussgrades von Haushalten an die zentrale Abwasserentsorgung haben die Phosphatmenge in den Gewässern stark

---

<sup>8</sup> Wüest, A. (pers. Mitteilung)

verringert. Die Phosphatkonzentration im Gewässer war während der Periode 1985-2003 zehn Mal geringer als während der Periode zwischen 1980-1984. Für die Periode 1985-2003 wurde die Landwirtschaft als Hauptemittent von Phosphor identifiziert. Die Phosphorgehalte von Seen während der Periode 1996-2000 zeigen, dass der Neuenburgersee, der Vierwaldstättersee, der Lago Maggiore, und der Bodensee weniger als 0.02 mg/L Phosphor enthalten. Der Genfersee, der Zürichsee und der Bielersee enthalten zwischen 0.02-0.039 mg/L Phosphor. Kleinere Seen in dicht besiedelten oder landwirtschaftlich geprägten Regionen, wie der Sempachersee, der Zugersee, der Luganersee und der Greifensee, enthalten mehr Phosphor ( $\geq 0.06$  mg/L) [Spreafico und Weingartner, 2005]. Die Kantone Bern und Solothurn haben ebenfalls eine Verminderung der Phosphorkonzentration in den Gewässern festgestellt. Trotzdem bleibt die Phosphorkonzentration in kleinen Fliessgewässern in vielen Fällen zu hoch. Dies wird der Landwirtschaft und den Mischwasserentlastungen zugeschrieben [VOKOS, 2010].

### 3.4. Organische Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind Spurenstoffe, die schon in einer sehr geringen Konzentration (Grössenordnung: 1 ng/L- 1 µg/L) einen ökotoxikologischen Effekt haben können. Neben den akuten Auswirkungen stehen bei den Mikroverunreinigungen insbesondere die chronischen Risiken im Fokus. Beispiele sind genetische Mutationen oder endokrine Auswirkungen und Risiken aus der Zusammenwirkung der Vielzahl an Chemikalien [Hollender, 2007]. Sie erreichen die Gewässer durch diffuse Quellen (Landwirtschaft) und Abwasserexfiltration aus der Kanalisation oder durch Punktquellen wie ARA-Abläufe und Mischwasserentlastungen (siehe dazu auch Modulbericht „Abwasseranfall“). Es ist wichtig, die Beiträge der einzelnen Quellen zu kennen, um sinnvolle Massnahmen treffen zu können. Zum Beispiel stammen im Greifensee 10% bis 30% der Gewässerbelastung mit Pestiziden, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden, aus ARA. Im Fall einiger Biozide, die im urbanen Bereich verwendet werden, beträgt der Beitrag der Kontamination durch die ARA-Abläufe 60% - 80% [Hollender, 2007]. Das Verhalten der Substanzen im Wasser ist ebenfalls wichtig für die Bewertung der Gewässerkontamination. Persistente Stoffe wie Carbamazepin (ein Antiepileptikum) können in Konzentrationen im µg/L-Bereich im Ablauf der ARA gefunden werden.

In der Schweiz wurde das Projekt „Strategie Micropoll“ vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) gestartet, um das Thema Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser in Schweizer Gewässern zu beleuchten. Das Vorgehen zur Beurteilung der Wasserqualität mit gewässergängigen Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser wurde in Götz et al. (2010) erarbeitet. Es zeigt sich, dass kleine Fliessgewässer mit hohem Anteil an gereinigtem Abwasser die höchsten Konzentrationen an Mikroverunreinigungen aufweisen. In Regionen mit hoher Einwohnerdichte und Einleitungen von ARA in

kleine Gewässer kann es dazu kommen, dass eine ausreichende Verdünnung des gereinigten Abwassers im Vorfluter (1:10 oder mehr) zeitweise nicht gewährleistet ist [Trachsel, 2008]. In diesem Fall kann es zu Überschreitungen der ökotoxikologisch basierten Qualitätskriterien (PNEC<sup>9</sup>-Werte) kommen. Der Verdünnungsgrad des gereinigten Abwassers im Vorfluter (Abbildung 1) ist entscheidend für

---

<sup>9</sup> Die ‚Predicted No Effect Concentration‘ entspricht der Konzentration, bei welcher keine ökotoxikologischen Effekte erwartet werden. Dieser Wert basiert auf der statischen Auswertung der verfügbaren experimentellen Resultate und einem Sicherheitsfaktor und widerspiegelt das zu diesem Zeitpunkt aktuelle Wissen.

die Konzentration der Mikroverunreinigungen im Gewässer [Götz et al. 2010]. Ort et al. (2007) entwickelten ein Stoffflussmodell zur Vorhersage der Gewässerbelastung mit Mikroverunreinigungen. Damit wurde für sechs Substanzen (Atenolol, Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac und Sulfamethoxazol) eine gute Vorhersage nachgewiesen. In Abbildung 2 sind die modellierten Belastungen der Gewässerabschnitte unterhalb kommunaler ARA bei Niedrigwasserabfluss ( $Q_{347}$ ) im Vergleich zu den chronischen Qualitätskriterien (CQK)<sup>10</sup> dargestellt.

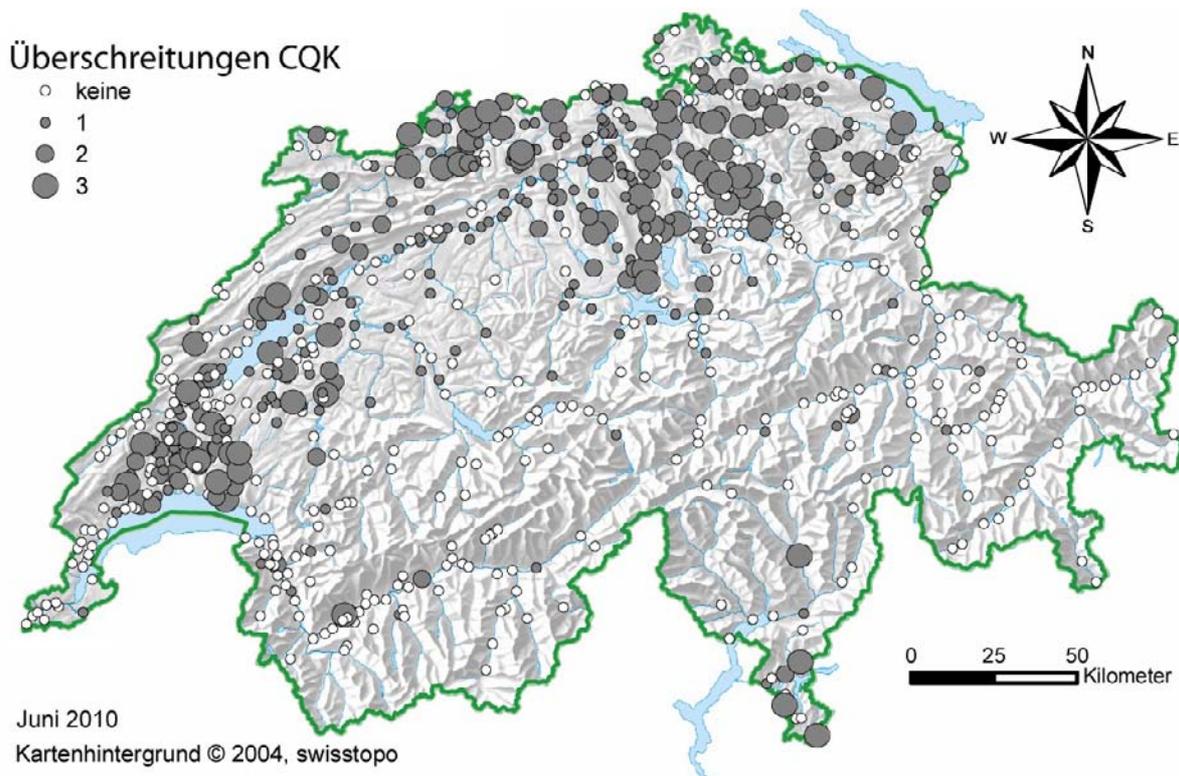


Abbildung 3: Belastung von Schweizer Gewässerabschnitten mit ausgewählten Mikroverunreinigungen (Atenolol, Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac und Sulfamethoxazol) im Verhältnis zu deren chronischen Qualitätskriterien [Götz et al., 2010]. Die Umweltkonzentration der untersuchten MV wurde mittels des Stoffflussmodells von Ort et al (2009) berechnet unter der Annahme des Niedrigwasserabflusses ( $Q_{347}$ ) und mit den chronischen Qualitätskriterien (CQK) verglichen<sup>11</sup>.

In der EU-Wasserrahmenrichtlinie sind für sogenannte prioritäre und gefährliche Stoffe Qualitätsnormen definiert (EQS-Richtlinie). Diese Stoffe sind schon länger im Fokus des Gewässerschutzes, die Konzentrationen dieser Stoffe liegen deutlich unterhalb dieser Umweltqualitätsnorm [EU, 2008], [Jahnel et al., 2003]. Für andere Mikroverunreinigungen wie Humanarzneimittelwirkstoffe, Biozide etc. zeigt sich, dass die Konzentrationen insbesondere in kleinen und mittleren Fließgewässern des Mit-

<sup>10</sup> Mit den chronischen Qualitätskriterien (AA-EQS = zulässige durchschnittliche Jahreskonzentration), die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum abgeschätzt werden. Für kontinuierliche Einträge von Mikroverunreinigungen durch gereinigtes Abwasser ist besonders das chronische Qualitätskriterium relevant. So können die Organismen vor den Folgen von Langzeitbelastungen geschützt werden. [<http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/vorschlaege/index/?-C=&print=1>]

<sup>11</sup> Für Sulfamethoxazol wurde als Qualitätskriterium ein Wert von  $0.12\mu\text{g/l}$  angesetzt, dieser Wert liegt um ein 5-Faches niedriger als der vom Ökotoxzentrum vorgeschlagene Wert ( $0.6\mu\text{g/L}$ ).

tellandes hoch sind [Gälli et al., 2009]. In Zukunft ist generell mit einer Zunahme der Verbrauchsmengen und der Vielfalt der Wirkstoffe zu rechnen. Derzeit werden neuere Mikroverunreinigungen wie z. B. Östrogene (Estradiol, Ethinylestradiol) und Diclofenac für eine Aufnahme in die Liste der prioritären Stoffe evaluiert. Lokal können Spitalabwässer für eine eingeschränkte Anzahl Stoffe insbesondere aus der Gruppe der Röntgenkontrastmittel für grosse Frachtanteile verantwortlich sein<sup>12</sup> [Brügger et al., 2009]. Massnahmen, um die Mikroverunreinigungen in den Gewässern zu vermindern, werden zurzeit debattiert (siehe dazu Modulbericht „Policy und Governance“). Während die Punktquellen der Mikroverunreinigungen mittlerweile recht gut untersucht sind, ist das Erfassen und Quantifizieren der diffusen Quellen ungemein schwieriger, unter anderem auch weil diese ausgeprägte regenbedingte Dynamik besitzen.

Bei der Wirkung von Mikroverunreinigungen auf die belebte Umwelt ist nicht nur die Wirkung einzelner Stoffe zu beachten. Gleichzeitig vorhandene Stoffe können eine gemeinsame Wirkung auf die aquatischen Organismen entfalten. Diese kann additiv oder synergetisch wirken. Bei der additiven Wirkung addieren sich die Effekte der Einzelstoffe [siehe auch Trachsel, 2008], bei der synergetischen Wirkung potenzieren sich die Wirksubstanzen, so dass ein überproportionaler Effekt entsteht, der aufgrund der Einzelsubstanzen nicht erwartet wird [Ökotoxzentrum, 2011]. Dadurch kann die Toxizität durch Mischungseffekte weitaus grösser sein, als die Wirkung der einzelnen Substanzen. Aufgrund der Vielzahl der in der Umwelt vorhandenen Mikroverunreinigungen und der stark schwankenden Bedingungen ist das Erfassen solcher Wirkungen sehr schwierig. Wissenschaftlich fundiertes Wissen ist zu diesem Thema bereits vorhanden, die Umsetzung in die Praxis ist jedoch schwierig und braucht noch Unterstützung [Kunz, 2011].

Mikroverunreinigungen aus dem Siedlungsabwasser konnten auch im Grundwasser nachgewiesen werden. Sie erreichen das Grundwasser entweder durch Exfiltration aus der Kanalisation oder durch die Infiltration von gereinigten Abflüssen der ARA nach der Einleitung ins Gewässer. Im Limmattal wurde z. B. beobachtet, dass die Konzentrationen einiger langlebiger Stoffe im Grundwasser nur wenig tiefer waren als in der Limmat [Hollender, 2007]. In einer Studie mit über 100 Messstellen des NAQUA-Netzes wurden bei 11% der Messstellen drei oder mehr verschiedene Mikroverunreinigungen nachgewiesen. Nur bei zwei Messstellen wurde die Grenze der GSchV von 100 ng/L<sup>13</sup> überschritten. Bei 73% der Messstellen wurde kein Arzneimittel vorgefunden. Bei mehr als der Hälfte der nachgewiesenen Stoffe handelte es sich um Antibiotika [Hanke et al., 2007]. Mit diesen Konzentrationen kann nach heutiger Kenntnis eine Gesundheitsgefährdung des Menschen ausgeschlossen werden [Niederhauser et al, 2006; Hollender, 2007]. Trotzdem warnen einige Wissenschaftler vor langfristigen Wirkungen auf die Gesundheit<sup>14</sup>.

Eine Studie zu Süsstoffen zeigt [Buerge et al., 2009], dass diese als Tracer für die Kontamination des Grundwassers durch Abwasser verwendet werden können. Acesulfam<sup>15</sup> ist ein besonders guter Tra-

---

<sup>12</sup> Die ‚Predicted No Effect Concentration‘ entspricht der Konzentration, bei welcher keine ökotoxikologischen Effekte erwartet werden. Dieser Wert basiert auf der statischen Auswertung der verfügbaren experimentellen Resultate und einem Sicherheitsfaktor und widerspiegelt das zu diesem Zeitpunkt aktuelle Wissen.

Wüest, A. (pers. Mitteilung)

<sup>13</sup> Die Grenzwerte von 100 ng/L gelten für die Pestizide in dem Grundwasser, das als Trinkwasser benutzt wird. Für Arzneimittel gibt es keine Grenzwerte.

<sup>14</sup> Mario Schirmer, Eawag

<sup>15</sup> Acesulfam wird als Lebensmittelzusatzstoff als E950 deklariert.

cer für das Abwasser, da es von den ARA nicht eliminiert wird und weitgehend unverändert in der Umwelt verweilt. Zusätzlich ist es genug hydrophil, um mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Abwasseranteil zu migrieren. Acesulfam wurde in Konzentrationen von bis zu 4.7 µg/L im Grundwasser des Gebiets um Zürich gefunden (rund 10 Mal weniger als im Zufluss und Abfluss der ARA) [Buerge et al., 2009].

Es ist möglich, dass einfach aufbereitetes Trinkwasser Mikroverunreinigungen und andere anthropogene Stoffe aus dem Grundwasser enthält. Informationen über das Trinkwasser können im Internet<sup>16</sup> recherchiert werden. Von den chemischen Parametern wird jedoch nur der Nitratgehalt angegeben und es werden keine Informationen über Mikroverunreinigungen bereitgestellt. Es ist aber zu erwarten, dass einige Mikroverunreinigungen im Trinkwasser in ähnlichen Konzentrationen wie im Grundwasser vorzufinden sind. So wurde beispielsweise eine Acesulfamkonzentration von 2.6 µg/L im Trinkwasser des Glatttals nachgewiesen (d.h. zwei Mal weniger als im Grundwasser) [Buerge et al., 2009]. Die Konzentration ist aber viel geringer als die organoleptische Nachweisgrenze von 9 mg/L.

Die Verweilzeit des Wassers in Seen ist in der Schweiz deutlich höher als in Fließgewässern [Hanke et al., 2007]. Prozesse, die in Fließgewässern von untergeordneter Bedeutung sind, werden in Seen relevant, wie z. B. die photolytische Hydrolyse von Substanzen. Diese bewirkt, dass Diclofenac in grösseren Seen kaum vorgefunden wird ([Hanke et al., 2007] aus [Götz et al., 2010]). Zusätzlich führen die hydraulischen Verhältnisse zu einer Akkumulation von Sedimenten am Seeboden bzw. im Fall von Niederschlagswassereinleitungen am Uferstreifen [Chèvre et al., 2011]. In Seen kommen Mikroverunreinigungen in geringeren Konzentrationen vor. Derzeit laufen Untersuchungen an der Eawag zum Verhalten von Mikroverunreinigungen im Sediment von Seen.

Da es Siedlungen entlang der Ufer von vielen Seen gibt, sind Abwassereinleitungen aus urbanen Räumen grundsätzlich relevant. Ein Screening an mehreren Messpunkten im Bodensee verdeutlichte, dass anthropogene Mikroverunreinigungen in der Wasserphase nachweisbar sind. Im Greifensee wurden Triclosankonzentrationen im Bereich von 5 bis 11 ng/L gemessen [Hanke et al., 2007]. Dagegen wurde Triclosan im Sediment und an absinkenden Partikeln in sehr viel höheren Konzentrationen nachgewiesen. In der obersten Sedimentschicht beläuft sich die Konzentration auf bis zu 53 ng/L.

---

<sup>16</sup> Website <http://www.wasserqualitaet.ch/>

Durch Profilierung verschiedener Sedimenttiefen konnte festgestellt werden, dass der Abbau im Sediment sehr viel langsamer als im Freiwasser ist [Hanke et al., 2007]. In der durchgeführten Massenbilanz sind die Mischwasserentlastungen nicht direkt berücksichtigt. Die im Zufluss des Sees bilanzierten Massenflüsse enthalten prinzipiell die Frachten aus Mischwasserentlastungen, da Gewässerproben herangezogen wurden. Wegen der hohen Eliminationsrate von Triclosan in der ARA (15% Adsorption an den Schlamm, 79% biol. Degradation) wäre allerdings anzunehmen, dass Mischwasserentlastungen substantiell (Schätzung 30% bis 40%) zur Bilanz beitragen.

### 3.5. Schwermetalle

Der urbane Raum und damit auch die Abwasserentsorgung ist eine wichtige Quelle für Schwermetalle, die in die Gewässer gelangen [AUEBL, 2008]. Im Vergleich zwischen Schwermetallemissionen von Strassen und Dächern und häuslichem Abwasser hält Boller (2008) fest, dass der Niederschlagswasserabfluss zwischen 30% und 50% der urbanen Emissionen ausmacht. Die GSchV gibt Grenzwerte für einige Schwermetalle, darunter Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink, sowohl für den gelösten Anteil als auch für partikuläre Stoffe vor. Die meisten Schwermetalle sind schlecht wasserlöslich. Blei, Cadmium und Nickel sind zu weniger als 10% dissoziiert. Kupfer und Zink liegen meist bis zu 30% in gelöster Form vor, wobei in Abhängigkeit der Spezifizierung und des pH-Wertes bis zu 50% in Lösung übergehen können. Adsorption an Partikel und deren Eigenschaft, dass sie nicht biologisch abbaubar sind, fördert die Akkumulation dieser Stoffe im Sediment.

Insgesamt wird die Wirkung der Schwermetalle im Gewässer, z. B. die Bioverfügbarkeit, stärker durch Akkumulation, Abtrag und chemische Umwandlung auf der Oberfläche, im Kanalsediment und im Mischwasserabfluss beeinflusst als später im Gewässer [Kumar et al., 2010]. Für das Umweltverhalten der Schwermetalle ist der hohe an Partikel assoziierte Anteil von Relevanz. Sedimentationsprozesse und weitere noch nicht vollständig bekannte Mechanismen akkumulieren Schwermetalle im Gewässerbett, wo sie im Porenwasser zu hohen Konzentrationen führen können. Die Konzentrationen im Porenraum können sich auf die aquatische Umwelt negativ auswirken. Vor allem in kleineren Gewässern sind Schwermetalleinträge von Relevanz. Infolge von erhöhtem Abfluss können einmal im Gewässer abgelagerte Sedimente mit den assoziierten Schwermetallanteilen remobilisiert werden. Hasler (2011) berichtet von Zink-Konzentrationsspitzen während Regenwetter in der Urtenen. Die erste Spitze erfolgt aufgrund von Einleitungen einer Strassenentwässerungsanlage, die zweite Spitze wird auf die Remobilisierung aus dem Flusssediment zurückgeführt.

### 3.6. Feststoffe und Sedimente

Grundsätzlich darf sich nach GSchV<sup>17</sup> durch Abwassereinleitungen kein Schlamm an der Gewässer-  
sohle bilden. Für Fliessgewässer wird zusätzlich gefordert<sup>18</sup>, dass „*der Sauerstoffgehalt in der Gewässersohle [...] nicht nachteilig verändert werden [darf]*“. Im Einzelnen muss eine erhöhte Sauerstoffzehrung infolge eines Überangebotes an oxidierbaren Stoffen und eine verminderte Durchlässigkeit

---

<sup>17</sup> Anhang 2, Art 11 Abs 2 Nr. a

<sup>18</sup> Anhang 2, Art 12 Abs 2, Nr. a -b

der Sohle infolge unnatürlich hoher Sedimentation feiner Partikel (Kolmation) vermieden werden. Kolmation beeinflusst dabei nicht nur den Sauerstoffhaushalt, sondern verhindert ebenfalls, dass Lebewesen bei Stresssituationen ins Sediment ausweichen können. Wegen der herrschenden Abflussverhältnisse ist Kolmation in den Fliessgewässern des Mittellandes ein grösseres Problem als bei den alpinen Gewässern<sup>19</sup>. In STORM verwendete GUS<sup>20</sup>-Kriterien für die Regenwassereinleitungen aus Misch- und Trennsystemen basieren ausschliesslich auf Überlegungen zur Fischtoxizität für Salmoniden (Forellen) und orientieren sich an einem „index for ill-effects“, 0 (harmlos) - 14 (Mortalität).

Konkrete Vorschläge des Immissionskriteriums werden in der STORM-Richtlinie bzgl. 1) der Kolmation der Gewässersohle, 2) der Akkumulation von schwer abbaubaren partikulären Substanzen und 3) der zu erwartenden Sauerstoffzehrung im Interstitial gemacht (STORM, Tabelle 2.3., S. 11).

An den Feststoffen im Sediment lassen sich Schwermetalle in unterschiedlichen Konzentrationen nachweisen. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse verschiedener Messprogramme in den Kantonen Zürich, Aargau und Basel-Landschaft zusammen. Zum Vergleich sind die Suspenserbelastung an der Messstelle Weil am Rhein und die Zielvorgaben des IKSR hinzugefügt. Die Messwerte zeigen, dass örtlich erhöhte Werte vorgefunden werden. Die Variation der Werte ist selbst an der gleichen Messstelle hoch, wie beispielsweise am Marchbach oder Violenbach (beides BL) deutlich wird [AUEBL, 2008]. Zudem wird die Bandbreite durch die Messstellenauswahl erhöht, weil vorzugsweise verdächtige Stellen beprobt wurden [AUEBL, 2008].

Tabelle 1: Schwermetallkonzentration in ausgewählten Flusssedimenten (Daten: [AUEBL, 2008])

[mg/kg TS]	Zürich 1999 min (80% Perzentil)	Furttal 2000 /max (80% Perzentil)	ZH 2001 80% Perzentil	Aargau 2001 80% Perzentil	BL 2007 min / max	Weil am Rhein 2004*	am IKSR** Zielvorgaben
	n =74	n = 15	N = 24				
Blei	15.3 - 217 (110.4)	23.7 - 151	41		12 - 63	37.3	100
Kupfer	17.6 - 311.6 (10.8)	31.6 - 339	51		21.8 - 61	50.9	50
Nickel	21.5 - 311 (43)	28.9 - 46.3	35		20.3 - 48.4	37.9	50
Chrom	32.6 - 77.7 (64.8)	39.1 - 72.4	49		35.2 - 75.3	43.9	100
Zink	60.3 - 905 (348.5)	119 - 655	202		84 - 225	182	200
Quecksilber	0.07 - 2.0 (0.3)	0.09 - 0.36	0.17		<0.1 - 1.16	0.21	0.5
Cadmium	0.09 - 3.5 (0.72)	0.37 - 1.02	0.40		0.17 - 0.47	0.42	1

\* aus den Schwebstoffen, \*\*IKSR - Internationale Kommission zum Schutz des Rheins

Die Untersuchungen zeigten, dass im Sediment der meisten Gewässer relevante Schwermetallkonzentrationen nachgewiesen werden können. In Nebengewässern sind die Konzentrationen im Allgemeinen geringer. Die Ausnahme bildet Kupfer, das in ländlichen Gebieten vermutlich beim Einsatz als Pflanzenschutzmittel in die Gewässer gelangt. Ein Vergleich der Sedimente oberhalb und unterhalb von Siedlungen, z. B. Einzugsgebiet Ergholz (BL), stellte die Bedeutung der Siedlungs- bzw. Strassenentwässerung für die Schwermetallfrachten heraus [AUEBL, 2008].

<sup>19</sup> Wüest, A. (pers. Mitteilung)

<sup>20</sup> GUS: gesamte ungelöste Stoffe

Im Vergleich zu den 1980er-Jahren sind heute die Anstrengungen zur Reduktion der Schwermetallfrachten in den Gewässern auch im Seesediment erkennbar<sup>21</sup>.

### 3.7. Hydraulische Belastung

Diskontinuierliche Einleitungen aus Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen erhöhen nicht nur die stofflichen Gewässerimmissionen sondern erhöhen in kleinen bis mittelgrossen Gewässern schlagartig den Abfluss. Die Abflusswellen können direkt an der Einleitungsstelle und im weiteren Verlauf die Gewässersohle erodieren [VSA, 2007]. Kleinstlebewesen, die dort angesiedelt sind, werden fortgespült. Tritt dieser sogenannte hydraulische Stress häufiger auf, als das Wiederbelebungs-potential kompensieren kann, verringert sich die Artenvielfalt [Beck, 2005]. Dieses Problem ist vor allem in kleinen Fliessgewässern im Mittelland zu erwarten<sup>22</sup>. In Bezug auf die Wasserkraftnutzung, die Stauregelung und die Niedrigwasserführung von Gewässern sind diese Prozesse aus der Schwall-/Sunkproblematik bekannt [Pfaundler et al., 2011]. Die gleiche Grundproblematik liegt bei den Niederschlagswassereinleitungen vor. Die Abflüsse sind jedoch geringer und die Anzahl der Einleitungen höher. Die Beurteilung des hydraulischen Stresses ist Bestandteil der STORM-Richtlinie [VSA, 2007] und der Wegleitungen zur Regenwasserentsorgung [VSA, 2002] bzw. Strassenentwässerung [BU-WAL, 2002]. Die Anforderungen und Grundlagen für die Empfehlungen sind jedoch uneinheitlich und führen bisweilen zu unterschiedlichen Einschätzungen einer Einleitungsstelle.

### 3.8. Hygienische Qualität

Die Kontrolle der hygienischen Qualität der Badegewässer fällt unter die Verantwortung der kantonalen Laboratorien<sup>23</sup>. Diese entscheiden, wie und wie häufig die Badegewässer untersucht werden sollen. Grundsätzlich werden die Kontrollen nur während der Badeperiode (Anfang Mai bis Ende September) geführt. Im Wallis wird z. B. zwei Mal pro Sommer kontrolliert<sup>24</sup>; im Kanton Waadt werden 5 bis 6 Proben während der Badesaison analysiert<sup>25</sup>. Für die Messungen folgen die Kantone den „Empfehlungen für die hygienische Beurteilung von See- und Flussbädern“ [Billo et al., 1991], die die Messungen von *E. Coli* und Salmonellen empfehlen. Die Konzentration von *E. Coli* und die Präsenz/Abwesenheit von Salmonellen im Wasser liegt der Klassifizierung der Badewasserqualität zugrunde (Tabelle 2).

---

<sup>21</sup> Wüest, A. (pers. Mitteilung)

<sup>22</sup> Wüest, A. (pers. Mitteilung)

<sup>23</sup> Pierre Studer, BAG

<sup>24</sup> Elmar Pfammater, Laboratoire cantonal du Valais

<sup>25</sup> Eric Raetz, Laboratoire des Eaux et Analyses, Canton de Vaud

Tabelle 2: Klassifizierung der Badewasserqualität und Massnahmen [Billo et al., 1991]

Badewasser- qualität	<i>E. coli</i> /100 ml	Salmonellen/100 ml	Massnahmen
A	< 100	Nicht nachweisbar	Keine
B	100-1000	Nicht nachweisbar	Kontrolle jeden Monat
C	< 1000	Nachweisbar	Erneute Kontrolle innerhalb von 7 Tagen und Empfehlungen bei erneuter Kontami- nation
	> 1000	Nicht nachweisbar	
D	>1000	Nachweisbar	Erneute Kontrolle innerhalb von 7 Tagen und Warnung bei erneuter Kontamination

Viele Kantone publizieren im Internet den Zustand der Badewasserqualität (z. B. Basel Stadt<sup>26</sup> oder Solothurn<sup>27</sup>). Seit 2009 sammelt das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Rahmen der europäischen Umweltagentur die Daten über die Badewasserqualität<sup>28</sup>. Die Daten werden jedes Jahr in einem zusammenfassenden Bericht für ganz Europa und in einem Bericht pro Land [EEA, 2011] publiziert<sup>29</sup>.

Die hygienische Qualität der Badegewässer in der Schweiz ist normalerweise gut und es ist selten, dass Badeverbote verhängt werden. Zum Beispiel gab es in den Jahren 2009 und 2010 keine Badeverbote<sup>30</sup> [EEA, 2011]. Es gibt aber einige Badeorte, die bekanntermassen in einem schlechten Zustand sind. Das ist zum Beispiel der Fall im Baie de Vidy, Lausanne, wo der ARA-Ablauf in der Nähe liegt. Die Kantone Bern und Solothurn haben eine Verbesserung der hygienischen Qualität der Gewässer seit 2004 festgestellt. Sie führen diese Verbesserung auf die Erweiterung einiger ARA zurück [VOKOS, 2010]. Problematisch für die hygienische Qualität sind Mischwasserentlastungen, durch die ungereinigtes Abwasser in Badegewässer gelangt. Die bakteriologischen Grenzwerte für Badegewässer können dadurch nach mittleren bis starken Regenereignissen für mehrere Tage überschritten werden. Eine Infektionsgefahr beim Baden ist in diesem Fall nicht auszuschliessen.

### 3.9. Biologische Qualität

Das Projekt „Fischnetz“<sup>31</sup> hatte zum Ziel, die beobachtete Abnahme der Fischbestände zu erklären. Die Resultate zeigen, dass die Biomasse der Bachforelle unterhalb der ARA-Abläufe oft geringer ausfällt als oberhalb. Auf der anderen Seite ist die Biomasse der anderen Fische wegen der Nährstoffaufnahme höher als oberhalb des ARA-Ablaufes [Meili et al., 2004]. Die Autoren sind ausserdem der Ansicht, dass Spitzenkonzentrationen von Nitrit und Ammonium infolge von Starkregen (durch Mischwasserentlastungen) das Wasserökosystem beeinträchtigen können. Zusätzlich haben die Fische un-

<sup>26</sup> Basel: <http://www.kantonslaborbs.ch/content.cfm?nav=17&content=23&Command=details&year=2010&kat=all&ID=784>

<sup>27</sup> Solothurn: [www.lmk.so.ch/badegewaesser](http://www.lmk.so.ch/badegewaesser)

<sup>28</sup> Europäische Umweltagentur: [http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/index_en.html)

<sup>29</sup> Die EU Directive 2006/7/EC für die Messungen der Badewasserqualität empfiehlt die Messungen von *E. coli* und fäkalen Enterokokken (statt *E. coli* und Salmonellen in der Schweiz).

<sup>30</sup> Monika Schaffner, BAFU

<sup>31</sup> <http://www.fischnetz.ch/>

terhalb der ARA öfter sexuelle Mutationen als in Kontrollproben. Um den Einfluss des Abwassers auf die Gewässerökosysteme qualitativ und quantitativ bewerten zu können, fehlen aber Daten über die Toxikologie von Stoffgemischen und über deren Effekte auf Populationsebene [Meili et al., 2004]. Langjährige Datenreihen zum biologischen Zustand der schweizerischen Gewässer existieren nicht. Für die Erfassung der Biodiversität in den Gewässern wird derzeit eine schweizweite biologische Gewässergütekartierung aufgebaut<sup>32</sup>.

### 3.10. Einfluss des Klimawandels

Die zu erwartenden Konsequenzen des Klimawandels auf die Abwasserentsorgung sind in den Modulberichten „Abwasseranfall“ und „Siedlungswasserhydrologie“ beschrieben. Zusammengefasst ist zu erwarten, dass die Niederschläge intensiver werden und im Winter weniger in Form von Schnee fallen. Damit werden sich wahrscheinlich Mischwasserentlastungen öfter ereignen, was zu einer höheren Gewässerverschmutzung führen kann. Zusätzlich sollen längere trockene Perioden im Sommer häufiger werden. Die Abflussmenge der Flüsse könnte dadurch abnehmen. Mit weniger Abfluss wird das gereinigte Abwasser weniger verdünnt. Dies sollte aber nicht zu grossen Problemen führen, da die zukünftige Abflussmenge im Sommer nicht weniger sein wird als die heute im Winter zu beobachtende Abflussmenge [OcCC/ProClim-, 2007].

Am Beispiel der Grundwasseranreicherung sollen die direkten und indirekten Folgen des Klimawandels auf die Gewässerökologie aufgezeigt werden<sup>33</sup>: Die Anreicherung von Grundwasser trägt mit 25 bis 30% zur Trinkwasserversorgung bei<sup>33</sup> [von Gunten et al., 2009]. Temperatureffekte werden sich direkt auf die mikrobiologischen Prozesse im Oberflächengewässer und in der Grundwasseranreicherung auswirken. Im Vergleich zu den saisonalen Schwankungen ist zwar der antizipierte Anstieg der mittleren Temperatur von 2-4°C gering, Extremereignisse wie im Sommer 2003 mit lang anhaltender Trockenheit werden aber einen signifikant höheren Einfluss bewirken.

Das veränderte Abflussregime der Flüsse wird im Wechselspiel zwischen längeren Trockenperioden und steigender Hochwasserwahrscheinlichkeit die Grundwasseranreicherung verschiedentlich indirekt beeinflussen [von Gunten et al., 2009]:

- (i) erhöhte Schwankungen in der Aufenthaltszeit in der Versickerungszone,
- (ii) Rückgang der Verdünnung von ARA-Abflüssen gepaart mit reduzierten sommerlichen Abflüssen (Rückgang der Gletscher) und
- (iii) Veränderungen des Regenabflusses von landwirtschaftlichen und urbanen Flächen.

---

<sup>32</sup> Wüest, A. (pers. Mitteilung)

<sup>33</sup> von Gunten (Schätzung aus Zusammenfassung NFP 61, proposal)

Dieses Beispiel verdeutlicht die Systemgrenzen überschreitenden Effekte der Gewässerqualität auf die Siedlungswasserwirtschaft. Im Vergleich zu den anthropogenen Einflüssen im Siedlungsraum (Zunahme Flächenversiegelung, Bevölkerungsanstieg) sind die Wirkungen der Temperatursteigerungen durch den Klimawandel von untergeordneter Bedeutung. Es ist allerdings anzunehmen, dass sich diese Wirkungen addieren. Die daraus entstehenden Gewässerbelastungen und Einflüsse auf die Lebensgemeinschaften können dann durchaus relevant werden<sup>34</sup>.

## 4. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen

Die Abwasserentsorgung wirkt sich durch Einleitungen aus ARA, Mischwasserentlastungen und die Regenwasserableitung auf die Gewässerökologie aus. In den vergangenen Dekaden wurden bedeutende Erfolge bei der Reduktion der Nährstoff- und Schmutzstoffeinträge erzielt. Demgegenüber steht der Eintrag der organischen Mikroverunreinigungen. Durch Fortschritte in der Messtechnik werden immer mehr Stoffe im Abwasser identifiziert. An der Risikoabschätzung sowie an Methoden zur Entfernung dieser neu in den Fokus der Abwasserreinigung gerückten Stoffe wird derzeit gearbeitet.

Der Kenntnisstand über die Wirkung von Mikroverunreinigungen in der aquatischen Umwelt ist für eine Vielzahl dieser Stoffe bisher nicht ausreichend, um den Eingriff der Abwasserentsorgung in die Umwelt bewerten und ggf. Massnahmen ableiten zu können. Dies betrifft Stoffe,

- (i) die neu in Verkehr gebracht werden und daher generell wenig untersucht worden sind
- (ii) die chronische (insbesondere sublethale) Effekte verursachen
- (iii) die als Vielstoffgemisch unterschiedlichster Wirkstoffe freigesetzt werden.

Im Hinblick auf die Niederschlagswassereinleitungen, die bei Regenwetter zu erhöhten Gewässerkonzentrationen beitragen, ist der Kenntnisstand über die Folgen kurzzeitiger Pulse verschiedener Substanzen weitgehend ungeklärt.

Die langfristigen aus dem Klimawandel resultierenden Risiken für die Gewässerökologie scheinen weniger aus einer sich verändernden Emission aus der Abwasserentsorgung zu resultieren. Stattdessen werden beispielsweise die Veränderungen des Abflussregimes und der Wassertemperatur Wirkungen auf die natürlichen Lebensgemeinschaften entfalten. Die Änderungen im betroffenen Gewässer werden jedoch Rückwirkungen auf die Anforderungen an die Emissionen der Abwasserentsorgung haben.

Die zukünftigen Anstrengungen bei der Niederschlagswasserbeseitigung im Misch- und Trennsystem (z. B. Umsetzung STORM-RL) werden zeigen, ob das prognostizierte Bevölkerungswachstum ohne Folgen für die Gewässerökologie bleibt. Eine Zunahme der Versiegelung und der Bautätigkeit beschleunigt den Oberflächenabfluss und erhöht den Schadstoffeintrag bei Regenwetter. Beispielsweise wird die zukünftige Verkehrsentwicklung einen wesentlichen Einfluss auf die Schwermetallemissionen und die Emissionen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen haben.

---

<sup>34</sup> Wüest, A. (pers. Mitteilung)

Auf nationaler Ebene können die folgenden Empfehlungen gemacht werden. Die Auflistung impliziert keine Bewertung oder Priorisierung:

- *Kleine und Mittlere Fliessgewässer:* Die Gewässerqualität der kleinen und mittleren Fliessgewässer erfüllt in Abhängigkeit der lokalen Randbedingungen die Gewässerschutzziele zeitweise nicht. Zusätzlich können Mischwasserentlastungen bei Regenwetter zu kritischen Situationen für Lebewesen führen.

G-1a: Es sollte eine Beurteilungsgrundlage für die Gewässerstruktur und -morphologie in kleinen und mittleren Fliessgewässer erarbeitet werden.

G-1b: Es sollten Massnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur und -morphologie in kleinen und mittleren Fliessgewässer erarbeitet werden.

*Siehe dazu auch die folgende Empfehlung:*

H-2: Es sollte untersucht werden, wie die STORM-Richtlinie besser in der Praxis verankert werden kann.

- *Spurenstoff-Massenbilanzen:* Spurenstoffe werden in den nächsten 50 Jahren ein Dauerthema bleiben. Die Entwicklung neuer Chemikalien, Nahrungsmitteladditive, Pharmaka, Bauchemikalien und Baumaterialien wird immer neue Problemstoffe hervorbringen. Dabei gilt es, zwischen den abwasserbürtigen Stoffen und den im abfliessenden Regenwasser vorhandenen Substanzen zu unterscheiden. Beide gelangen über Kläranlagen, Mischwasserentlastungen, Fehlanlüsse oder Defekte in die Gewässer, abfliessendes Regenwasser stellt dabei aber eine eher diffuse Quelle dar.

A-2: Die Spurenstoff-Massenflussströme, die die Eintragspfade von Spurenstoffen in die Umwelt charakterisieren, sollten quantifiziert werden.

- *Wärmehaushalt Gewässer - Siedlungen:* Die Mehrfachnutzungen der Gewässer bewirken unter den sich ändernden Bedingungen des Klimawandels einen verstärkten Druck auf den Wärmehaushalt.

G-2: Die Auswirkungen von Wärmeeintrag und Wärmeentzug auf die Gewässer sind zu untersuchen. Für kritische Zustände sind Lösungsmöglichkeiten zu identifizieren.

- *Effektorientierte Anforderungen:* Es wäre wünschenswert, die Vorgaben für Gewässer anhand von klaren Effekten, z. B. ökotoxikologische Auswirkungen oder Beeinflussung der Biodiversität, machen zu können. Ansätze sind vorhanden (Modulstufenkonzept, Saprobienindex). Diese sind aber nicht ausreichend, um subtilere Effekte, z. B. von Mikroverunreinigungen, erfassen zu können.

G-3: Für die schweizspezifischen typischen Fliessgewässer und die darin enthaltenen aquatischen Lebensgemeinschaften sollten Anforderungen aufgestellt werden, um nachhaltige negative Auswirkungen zu vermeiden.

- *Anforderungen Regenwasser:* Je nach dem von welchen Flächen das Niederschlagswasser abfließt, kommen unterschiedliche Regelwerke und Empfehlungen zur Anwendung. Unterschiedliche Anforderungsprofile erschweren den sachgerechten Vollzug.

G-4: Die Regelwerke zur Regenwasserbehandlung sollten harmonisiert werden.

## 5. Referenzen und Quellen

### 5.1. Persönliche Mitteilungen

Elmar Pfammater, Telefongespräch vom 19.07.2010, Laboratoire cantonal du Valais, Rue Pré-d'Amédée 2, 1950 Sion

Eric Raetz, Telefongespräch vom 19.07.2010, Service de la consommation et des affaires vétérinaires Kanton Waadt, Chemin des Boveresses 155, 1066 Epalinges

Monika Schaffner, Telefongespräch vom 21.07.2010, BAFU, Papiermühlestrasse 172, 3063 Ittigen

Mario Schirmer, Gespräch vom 10.04.2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Pierre Studer, Telefongespräch vom 16.07.2010, BAG, 3003 Bern

Alfred Wüest, Gespräch vom 27.10.2010, Eawag, 6047 Kastanienbaum

### 5.2. Literaturverzeichnis

Abegglen, C. et al. (2010). Mikroverunreinigungen in Kläranlagen. Technische Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen. Gas, Wasser und Abwasser (GWA). 7/2010, p. 587-594.

AUEBL (2008). Schwermetalle in Fliessgewässersedimenten - Untersuchung 2007. Amt für Umweltschutz und Energie Kanton Basel-Landschaft. Liestal, 2008.

BAFU (2004). Wegleitung Grundwasserschutz. Bundesamt für Umwelt: Bern. 2004.

BAFU (2009). Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2008, 2009, Bundesamt für Umwelt: Bern.

BAFU / BFS (Hrsg.) (2009). Umwelt Schweiz 2009. Bern und Neuchatel 2009.

BAFU (2010). Mikroverunreinigungen in Flüssen und Seen der Schweiz. Situation in den Oberflächengewässern der Schweiz. Homepage BAFU. <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11217/index.html?lang=de>

BAG (2008). Gruppenerkrankungen (Ausbrüche) mit mikrobiell kontaminierten Lebensmitteln in der Schweiz, 1994–2006. Bundesamt für Gesundheit. Bulletin 2008, 32: p. 562-568.

Basler & Hofmann et al. (2006). Massnahmenplan Wasser Einzugsgebiet Greifensee. Baudirektion Kanton Zürich, AWEL. 2006.

Beck, M.B. (2005). Vulnerability of water quality in intensively developing urban watersheds. Environmental Modelling & Software, 2005. 20(4): p. 381-400.

Billo, N.E. et al. (1991). Empfehlungen für die hygienische Beurteilung von See- und Flussbädern, BAG / BAFU. 1991.

Binderheim, E., Göggel, W. (2007). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. BAFU: Bern. 2007.

- Boller, M. (2008). Maßnahmen im urbanen Bereich. In: Stoffströme in Flussgebieten - Von der Bilanzierung zur Bewirtschaftung. Tagungsband der Karlsruher Flussgebietstag 2008. Verlag Siedlungswasserwirtschaft Karlsruhe. 2008.
- Brügger et al. (2009). Kantonsspital Liestal: Abwasserkonzept bezüglich organischer Spurenstoffe. Studie im Auftrag des BAFU. Schlussbericht Ingenieurbüro Hunziker Betatech, Winterthur, Dezember 2009.
- Buerge, I.J., et al. (2009). Ubiquitous Occurrence of the Artificial Sweetener Acesulfame in the Aquatic Environment: An Ideal Chemical Marker of Domestic Wastewater in Groundwater. Environ. Sci. Technol., 2009, 43(4381-4385).
- Bundesrat (1998). Gewässerschutzverordnung (GSchV). Verordnung vom Schweizerischen Bundesrat, 28.10.1998.
- BUWAL (2002). WEGLEITUNG - Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). 2002
- Chèvre, N., et al. (2011). Substance flow analysis as a tool for urban water management. Water science and technology. 2011, 63(7): p. 1341-1348.
- DIM / SECOE (2010). Bulletin de santé des cours d'eau genevois: État 2008 et évolution depuis 1995. République et canton de Genève – DIM – SECOE. 2010.
- EEA (2011). Bathing water results 2010 – Switzerland. [http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/report\\_2011.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-bathing/report_2011.html).
- EEA (2011). European bathing water quality in 2010. European Environment Agency, Copenhagen. 2011.
- EU (2008). Richtlinie 2008/105/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG. Europäischer Rat. 2008
- Gälli, R., et al. (2009). Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Bewertung und Reduktion der Schadstoffbelastung aus der Siedlungsentwässerung. Bundesamt für Umwelt, Bern. 2009
- Götz, C., Kase, R., Hollender, J. (2010). Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Studie im Auftrag des BAFU, Eawag, Dübendorf. 2010.
- Gujer, W. (1999). Siedlungswasserwirtschaft. Springer-Verlag, Berlin. 1999
- Hanke, I., et al. (2007). Arzneimittel und Pestizide im Grundwasser. Gas, Wasser und Abwasser (GWA). 3/2007, p. 187-196.
- Hari, R. E., et al. (2006). Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. Global Change Biology, 2006, 12(1): p. 10-26.
- Hari, R. E., Güttinger, H. (2008). Temperaturverlauf in Schweizer Flüssen 1978-2002 Auswertungen und grafische Darstellungen fischrelevanter Parameter. Eawag: Dübendorf. 2008

- Hasler Hériter, S. (2011). Gewässerschutz nach dem Immissionsprinzip: Ein langer Weg in die richtige Richtung? In: Aqua Urbanica 2011. Niederschlags- und Mischwasserbewirtschaftung im urbanen Bereich. D-A-CH Gemeinschaftstagung Graz, 01. - 03. Mai 2011. Hrsg.: TU Graz, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau
- Hollender, J. (2007), Mikroverunreinigungen: Vorkommen in Gewässern der Schweiz und Bewertung. Gas, Wasser und Abwasser (GWA). 11/2007, p. 843-852.
- IKSR (2010). Auswertungsbericht Humanarzneimittel. Bericht Nr. 182. Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR). Koblenz, 2010.
- Jahnel, J., et al. (2003). Entwicklungen von Umweltqualitätsnormen zum Schutz aquatischer Biota in Oberflächengewässern., in Projektbericht zum Länderfinanzierungsprogramm „Wasser und Boden“ (LAWA-Projekt Nr. O 10.03). DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut. Karlsruhe. 2003.
- Kanton BE (1999). Après la pollution de La Neuveville. Communiqué de presse vom 07.12.1999. Kanton Bern. <http://www.be.ch/web/fr/index/kanton/kanton-mediencenter/kanton-mediencenter-mm/kanton-mediencenter-mm-detail.htm?id=2009>
- Kipfer, R., Livingstone, D. M. (2008). Wasserressourcen und Klimawandel. Eawag News, 2008, 65d(09): p. 8-11.
- Köster, W., Egli, T., Rust, A. (2002). Krankheitserreger im (Trink-)Wasser? EAWAG News, 2002, 53: p. 26-28.
- Kumar, M., et al. (2010). Evaluating the mobile heavy metal pool in soakaway sediment, road dust and soil through sequential extraction and isotopic exchange. Water Science and Technology, 2010, 62(4): p. 920-928.
- Kunz, P. (2011). Mischungstoxizität: Bedürfnisse der Praxis. Gas, Wasser und Abwasser (GWA). Gwa 3/11.
- Langbein, S., Steiner, M., Boller, M. (2006). Schadstoffe im Strassenabwasser einer stark befahrenen Strasse und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbermaterial. Eawag: Duebendorf, Berner Fachhochschule Burgdorf, GSA Bern, BUWAL. 2006
- Langbein, S., Steiner, M., Boller, M. (2006). Wasser- und Materialflüsse bei der Entwässerung von Metall-, Ziegel-, Kies- und Gründächern. Eawag: Duebendorf, Berner Fachhochschule Burgdorf, GSA Bern, BUWAL. 2006
- Meili, M., et al. (2004). Dem Fischrückgang auf der Spur. Schlussbericht des Projekts Netzwerk Fischrückgang Schweiz - "Fischnetz". 2004.
- Niederhauser, P., et al. (2006). Wasserqualität der Seen, Fließgewässer und des Grundwassers im Kanton Zürich. Statusbericht 2006, AWEL: Zürich.
- Notter, B. (2009). Der Lebensraum der Bachforelle um 2050. Gas, Wasser und Abwasser (GWA). 1/2009.
- OcCC / ProClim- (2007). Klimaänderung und die Schweiz 2050: Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern, 2007.
- Ökotoxzentrum (2011). Oekotoxzentrum News. Mai 2011.

Ort, C., et al. (2007). Mikroverunreinigungen: nationales Stoffflussmodell. Gas, Wasser, Abwasser (gwa). 11/2007, p. 853-859.

Pfaundler, M., Dübendorfer, C., Zysset, A. (2011). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Hydrologie - Abflussregime Stufe F (flächendeckend). Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Vollzug Nr. 1107: Bern. p. 113.

Schärer, M. et al. (2010). Weitere Massnahmen gegen Mikroverunreinigungen. Situation in der Schweiz. Gas, Wasser und Abwasser (GWA). 7/2010, p. 563-568.

Schneider, B.-O. (2010). Zermatt: Etat d 'urgence. Epidémie de typhoïde en Valais, in Nouvelliste 16.12.2010

Spreafico, M., Weingartner, R. (2005). Hydrologie der Schweiz: Ausgewählte Aspekte und Resultate, Bundesamt für Wasser und Geologie: Bern. 2005.

Trachsel, M. (2008). Konsensplattform „Hormonaktive Stoffe in Abwasser und Gewässern“. Schlussdokument Nationales Forschungsprogramm „Hormonaktive Stoffe“. Schweizerischer Nationalfonds (FNSNF). Januar 2008.

VOKOS (2004). Sachplan Siedlungsentwässerung, Regierungsrat des Kantons Bern, Regierungsrat des Kantons Solothurn. 2004

VOKOS (2010). VOKOS: Sachplan Siedlungsentwässerung. Prioritäre Massnahmen für einen nachhaltigen Gewässerschutz, Regierungsrat des Kantons Bern, Regierungsrat des Kantons Solothurn. 2010

von Gunten, U., et al. (2009). Riverbank filtration under climate change scenarios (RIBACLIM). Proposal zum NRP 61, Eawag: Dübendorf. 2009.

VSA (2002). Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA). Glattbrugg, 2002.

VSA (2007). Urban wet-weather discharges in receiving waters: guidelines for the conceptual planning of protection measures (STORM guidelines). Swiss Water Association (VSA), Zürich, Switzerland. 2007

Zobrist, J., Reichert, P. (2006). Bayesian estimation of export coefficients from diffuse and point sources in Swiss watersheds. Journal of Hydrology, 2006. 329: p. 207- 223.

# Abwasserentsorgung 2025

## 6 Siedlungshydrologie

Philipp Stauffer, Fabienne Chawla und Max Maurer  
Dübendorf, August 2012



# Inhalt

Zusammenfassung .....	- 179 -
1. Einleitung .....	- 181 -
2. Regenwasser in der Siedlung.....	- 182 -
3. Abwasserhydrologie im Entwässerungssystem .....	- 188 -
4. Einfluss des Klimawandels auf die Siedlungsentwässerung.....	- 193 -
5. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen .....	- 197 -
6. Referenzen und Quellen.....	- 200 -

**Berichtsexperten Eawag:** Jörg Rieckermann, Philipp Stauer

**Titelfoto:** Mischwasserentlastung in ein Gewässer, © CECOTOX, EPFL, Lausanne

## Zusammenfassung

Die Siedlungshydrologie befasst sich mit den Prozessen, denen das Wasser innerhalb und im Umfeld von Siedlungen unterworfen ist. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die sichere Sammlung und Ableitung des Schmutz- und Regenwassers aus den Siedlungen bei gleichzeitigem Gewässerschutz. Damit erhält die Dimensionierung der Kanäle und der Entlastungsbauwerke, die Niederschlagswasser bei Starkregen direkt ins Gewässer führen, eine wichtige Stellung für die Siedlungshydrologie. Zentrale Elemente sind dabei die für die Dimensionierung relevanten Regendaten, die Flächennutzung zur Bestimmung der Abflussbeiwerte, die anzuwendenden Modelle sowie der Umgang mit Unsicherheiten und Sicherheitsfaktoren.

In der Schweiz sind hauptsächlich zwei Sätze an Regendaten für die Dimensionierung in Gebrauch: 1. Die Regenauswertungen von Hörler und Rhein (1962), welche veraltet sind und lediglich auf der Auswertung von 16 Stationen basieren. 2. Die Richtlinie SN 640 350 (VSS, 2001), die für die Strassenentwässerung geltend ist. Beide Datensätze genügen aber den modernen Bedürfnissen der Siedlungsentwässerung nicht.

In der Schweiz wird die Kanalisationsdimensionierung noch oft mit dem Fließzeitverfahren berechnet. Die Anwendung von hydrologischen oder hydrodynamischen Simulationen ist aufwendiger, ermöglicht dafür aber die Berechnung der Überflutungsereignishäufigkeit, die Dimensionierung der Rückhaltebecken und die entlastete Schmutzfrachtdynamik. Alternativ können für die Entwässerungsplanung auch vereinfachte hydrologische Simulationsmodelle verwendet werden. In diesen Kontext ist auch der STORM-Ansatz eingebettet.

Bei der Siedlungswasserwirtschaft muss sorgfältig zwischen Variabilität und Unsicherheiten<sup>1</sup> unterschieden werden. Beide Grössen werden mit denselben statistischen Grössen charakterisiert, haben aber eine grundsätzlich unterschiedliche Qualität. Die Variabilität ist eine intrinsische Eigenschaft z. B. des Abwasseranfalles oder des Niederschlages. Es regnet mal stärker oder schwächer und das Auftreten dieser Regenereignisse ist zufällig.

Bei der Anwendung von Modellen ist der sorgfältige Umgang mit Unsicherheiten von zentraler Wichtigkeit. Dabei unterscheiden wir zwischen (i) Modellunsicherheiten, welche die Aussagekraft der Modelle beeinträchtigen; (ii) Parameter- und Inputunsicherheiten, denen man entweder mit konservativen Annahmen oder mit Messungen begegnen kann und (iii) szenarische Unsicherheiten, welche das Unwissen über die zukünftige Entwicklung charakterisieren. Zu den szenarischen Unsicherheiten gehören insbesondere die Siedlungsentwicklung und der Klimawandel. Das Ausmass des Klimawandels und die voraussichtlichen Wirkungen auf die Siedlungshydrologie sind schwer zu beurteilen. Forschungen über die Simulation der Klimawandelwirkungen auf die Siedlungshydrologie zeigen, dass

---

<sup>1</sup> Die Literatur spricht hier von aleatorischer Unsicherheit (hier als Variabilität bezeichnet) und epistemischer Unsicherheit (hier als Unsicherheit bezeichnet).

der Klimawandel einen starken Einfluss auf die Mischwasserentlastungen und auf Abwassereinstau, Abwasserüberstau und Überflutungen mit Abwasser haben kann. Analysen der Regendaten aus Deutschland und Österreich zeigen, dass es keinen zunehmenden Trend der für die Dimensionierung der Entwässerungsanlagen bedeutsamen Regenereignisse gibt. Es fehlt aber eine zuverlässige Analyse des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf die Abwasserentsorgung für die Schweiz.

Der Modulbericht schliesst mit einer Reihe von Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

# 1. Einleitung

Die Siedlungshydrologie befasst sich mit den Prozessen, denen das Wasser innerhalb und im Umfeld von Siedlungen unterworfen ist (Gujer, 1999). Die Prozesse der Siedlungshydrologie sind in Abbildung 1 schematisiert.

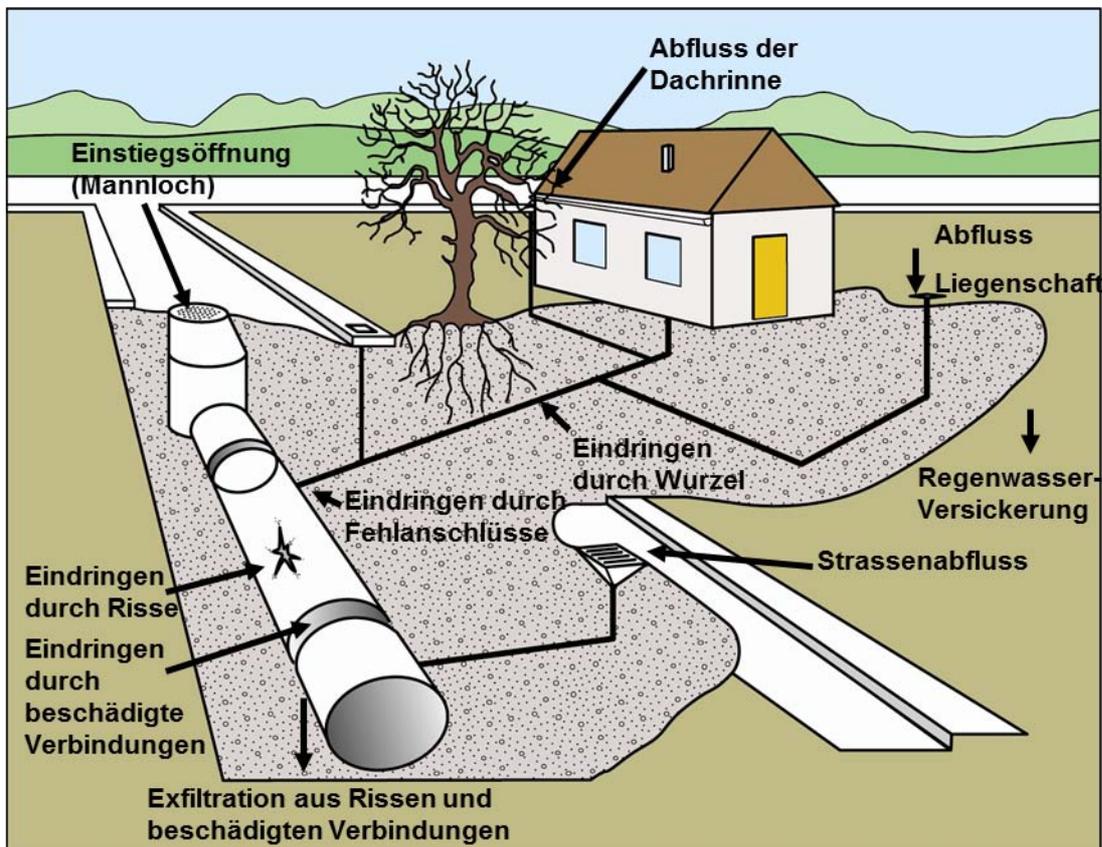


Abbildung 1: Schema eines Abwasserentwässerungssystems. Neben dem häuslichen Abwasser wird auch das Regenwasser durch die Kanalisation entsorgt. Die Kanalisation interagiert mit dem Grundwasser, entweder durch das Eindringen von Grundwasser in die Kanalisation oder durch die Exfiltration von Abwasser ins Grundwasser. Bild angepasst aus Kracht (2007).

Am bedeutsamsten für die Siedlungshydrologie ist das von den versiegelten Oberflächen abfliessende Niederschlagswasser (Kapitel 2). Dieses bestimmt unter anderem die Dimensionierung der Kanalisation.

Abfliessendes unverschmutztes Regenwasser ist gemäss Gewässerschutzgesetz<sup>2</sup> versickern zu lassen oder in ein Oberflächengewässer einzuleiten. Dies führt entweder zu lokalen Versickerungsanlagen oder Trennkanalisation. Der vermehrte Einsatz von oberflächenaktiven Bauchemikalien (z. B. Pestizide) und die erhöhte Umweltbelastung (z. B. Strassenverkehr) machen es immer schwieriger,

<sup>2</sup> GSchG, Art 7, Abs 2 und GschV, Art 3, 2

zwischen verschmutztem Abwasser und nicht verschmutztem Regenwasser zu unterscheiden. Details sind im Modulbericht 'Abwasseranfall' den Kapiteln 1.2., 2.2. und 3. 'Entwicklungstendenzen und Empfehlungen' zu entnehmen.

Interaktionen des Grundwassers mit Schmutzwasser können durch Defekte in der Kanalisation stattfinden. Das unbeabsichtigte<sup>3</sup> Eindringen des Grundwassers in die Kanalisation findet dort statt, wo die Kanalisation einen gesättigten Boden durchläuft. Dabei wird die Wassermenge im Zulauf zur ARA erhöht und gleichzeitig das Abwasser verdünnt (Fremdwasser, Abschnitt 3.1). Exfiltration von Abwasser aus einem Misch- oder Schmutzwasserkanal kann das Grundwasser verschmutzen (Abschnitt 3.1.2).

An Mischkanalisationen (rund 70 % der Installationen in der Schweiz) angeschlossene Kläranlagen können während Regenereignissen nicht immer das gesamte anfallende Abwasser behandeln. Ein Teil dieses Regenwasser-Abwasser-Gemisches muss dann in Regenüberlaufbecken gespeichert oder, sofern die Speicherkapazität erreicht ist, ins Gewässer entlastet werden (Abschnitt 3.2).

Ziel dieses Berichtes ist, den Kenntnisstand und Entwicklungen in den verschiedenen Prozessen der Siedlungshydrologie aufzuzeigen, zusammenzufassen und spezifisch für die Schweiz zu untersuchen.

## 2. Regenwasser in der Siedlung

### 2.1. Prozesse der Siedlungshydrologie

Typischerweise werden für die Modellierung von Regenabflüssen vier Teilprozesse unterschieden (Gujer, 1999):

1. Niederschlag (Kapitel 2.2) und dessen räumliche und zeitliche Verteilung der Intensität.
2. Abflussbildung (Kapitel 2.3) beschreibt den Teil des Niederschlags, der von der Oberfläche abfließt.
3. Abflusskonzentration (Kapitel 2.4) beschreibt den Abfluss über die Oberfläche bis ein Bauwerk (Schacht, etc) erreicht wird.
4. Abflusstransport (Kapitel 2.4) beschreibt die Elemente der Siedlungsentwässerung (Kanalisation, Regenbecken, ...) und deren Dimensionierung. Dabei nimmt die Dimensionierung der Kanalisation eine zentrale Stellung ein.

### 2.2. Niederschlag

Die Anforderungen, die die Siedlungsentwässerung an die Regendaten stellen, sind abhängig von der Grösse und Art des Einzugsgebietes sowie von den Eigenschaften des zu dimensionierenden Elementes des Entwässerungssystems. 1) Regen mit starker Intensität und kurzen Dauer (<10 Minuten)

---

<sup>3</sup> Daneben gibt es selbstverständlich noch den absichtlichen Anschluss von Drainagen, Bächen, Abläufen von Fliessbrunnen etc.

sind relevant für die Dimensionierung der Anfangshaltungen einer Kanalisation. 2) Langjährige Niederschlagsreihen oder auf diesen basierende Modellregenserien sind für die hydraulische Überprüfung der Netze und der Mischwasserbehandlung (Dimensionierung Regenbecken) relevant. In der Schweiz bestehen verschiedene Regendatenbanken, die für die Dimensionierung der Kanalisation verwendet werden (Eicher, 2002; Magnollay and Chaix, 2007). Viele Anwendungen stützen sich auf Blockregen<sup>4</sup> und IDF-Kurven<sup>5</sup>, die aus Datenreihen entwickelt wurden.

Auf nationaler Ebene sind immer noch die Regenauswertungen von Hörler und Rhein (1962) für die Siedlungsentwässerung in Gebrauch. Diese Daten haben aber verschiedene schwerwiegende Nachteile: Die Daten stammen aus dem Jahr 1962 und für die Auswertung wurden nur 16 Stationen berücksichtigt.

Die Richtlinie SN 640 350 (VSS, 2001), die für die Strassenentwässerung geltend ist, verwendet neuere Daten (Eicher, 2002). Diese stützen sich auf die Auswertung von 72 Stationen des SwissMetNet-Netzes (vorher ANETZ) von MeteoSchweiz<sup>6</sup>. Die Regendaten aus dieser Richtlinie werden zunehmend auch für die Dimensionierung der Kanalisation verwendet<sup>7</sup>. Diese Daten sind aber aufgrund der geringen zeitlichen Auflösung (basieren auf 10-Minuten-Messwerten) nicht optimal für die Siedlungsentwässerung (Olsson *et al.*, 2009). Es wäre möglich, mit Hilfe historischer Regendaten die vorhandenen 10-Minuten-Regendaten auf kleinere Regendauerabschnitte zu disaggregieren. Ein anderer Nachteil der beiden Datenbanken ist, dass sie nur Regendauerabschnitte bis 60 Minuten enthalten, was für die Dimensionierung der Regenbecken unzureichend ist. Ein weiterer kritischer Aspekt ist die geringe räumliche Auflösung. Es werden lediglich Daten für einige Stationen in der Schweiz angegeben, ohne Interpolationen dazwischen (Eicher, 2002). Notwendig wären Isolinienkarten des Intensitätskurven-Parameters anhand der vorhandenen „SwissMetNet“-Daten, um eine feinere Regionalisierung zu erreichen, was aber wegen der topografischen Eigenschaften der Schweiz mit einer Reihe von Herausforderungen verbunden ist.

### 2.3. Abflussbildung

Die Abflussbildung beschreibt, wie viel des gefallenen Niederschlags abfließt. Der Abfluss von Regenwasser kann durch die folgende Gleichung (1) beschrieben werden (Gujer, 1999):

$$Q_R = r \cdot F \cdot \psi \quad (1)$$

Wobei:  $Q_R$ = Abfluss von Regenwasser aus dem Einzugsgebiet mit der Fläche  $F$ ,  $r$  = Regenintensität, und  $\psi$ = Abflussbeiwert (siehe nächsten Abschnitt 2.3.1). Die Abflussbildung hängt also von der

<sup>4</sup> Blockregen sind Modellregen mit einer konstanten Intensität. Die typische Dauer eines Blockregens für die Abwasserentsorgung liegt bei 10 Minuten.

<sup>5</sup> IDF steht für Intensität, Dauer, Frequenz. Die Intensität des Regens und dessen Dauer sind nicht unabhängig und können durch ein Modell für jede Jährlichkeit (Frequenz) und für einen spezifischen Ort berechnet werden.

<sup>6</sup> <http://www.sma.ch/web/de/klima/messsysteme/boden/swissmetnet.html>

<sup>7</sup> Christian Eicher, Ingenieur Büro

Regenintensität, von der Fläche des Einzugsgebiets und von einem Abflussbeiwert ab, der hauptsächlich den durchschnittlichen Versiegelungsgrad der Fläche  $F$  beschreibt.

### 2.3.1. Versiegelung und Abflussbeiwert

Der mittlere Abflussbeiwert beschreibt den von einer Fläche abfliessenden Anteil des Regenwassers und entspricht dem Verhältnis des Abflusses zum gesamten Niederschlag (Gujer, 1999). Der Abflussbeiwert wird hauptsächlich durch die ‚Versiegelung‘ der Oberfläche bestimmt. So hat eine Wiesenfläche einen Abflussbeiwert<sup>8</sup> von 0 (d.h. keinen Abfluss) und eine Asphaltfläche einen Abflussbeiwert von 0.8 (d.h. 80 % des fallenden Regenwassers wird die Kanalisation erreichen).

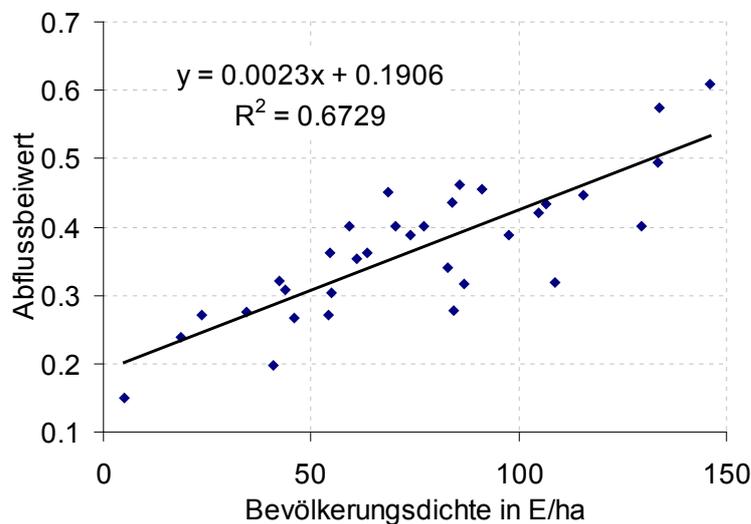


Abbildung 2: Einfluss der Bevölkerungsdichte auf den durchschnittlichen Abflussbeiwert von Siedlungen. Je höher die Besiedelungsdichte, desto grösser die Versiegelung.

Die Abschätzung des Abflussbeiwertes ist eine der grössten Herausforderungen für die Netzwerkrechnungen. Die Festlegung der Werte benötigt viel Erfahrung und ist nur mit grossem Aufwand zu überprüfen<sup>9</sup>. Typischerweise wird der Abflussbeiwert für jedes Gebiet mittels Begehungen oder Luftbildern (Orthofotos) geschätzt<sup>10</sup>. Der Wert bleibt auch nicht zwingend konstant und verändert sich mit der Siedlungsentwicklung und dem demographischen Wandel. Eine Verdichtung der Siedlung hat z. B. eine Erhöhung der undurchlässigen Fläche zur Folge (Abbildung 2). Demgegenüber reduziert der Bau von Versickerungsanlagen die effektive undurchlässige Fläche. Siehe dazu auch Modulbericht ‚Abwasseranfall‘, Kapitel 1.2.

<sup>8</sup> Diese Aussage stimmt für schräge Flächen und bei extremen Regenereignissen nicht ganz.

<sup>9</sup> Das vom Schweizerischen Nationalfonds finanzierte Projekt der Eawag/EPFL COMCORDE ("Using Commercial Microwave Links and Computer Model Emulation to Reduce Uncertainties in Urban Drainage Simulations") versucht mittels räumlich und zeitlich hochaufgelösten Regenmessungen die Abflussmengen in der Kanalisation zu bestimmen.

<sup>10</sup> Philipp Staufer

## 2.4. Dimensionierung des Siedlungsentwässerungssystems

Die Dimensionierung der Kanalisation hängt vom abzuleitenden Abfluss des Schmutzwassers, des unvermeidbaren Fremdwassers und Regenwassers ab. Dabei bildet der Regenwasserabfluss den grössten Anteil, da der Regenwasseranteil mehr als 100 Mal grösser als der Trockenwetteranfall sein kann<sup>11</sup>. Da es unwirtschaftlich ist, Kanäle zu bauen, die nie überlastet werden, wird ein gewisses Versagen der Regenwasserableitung toleriert (Gujer, 2003). Diese Versagenswahrscheinlichkeit wird mit der sogenannten Jährlichkeit angegeben. In der Schweiz rechnet man mit einer Jährlichkeit von 10 Jahren in den Städten, 10-20 Jahren im empfindlichen Industriegebiet und 5 Jahren in Dörfern mit lockerer Überbauung (Gujer, 1999). Eine Jährlichkeit von 10 Jahren bedeutet, dass in einer Zeitspanne von 10 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von

- 35 % nie eine Überflutung stattfindet
- 39 % genau eine Überflutung stattfindet
- 26 % 2 oder mehr Überflutungen stattfinden

Verschiedene Methoden existieren, um die Siedlungsentwässerungssysteme zu dimensionieren. Relevant sind das Zeitbeiwertverfahren (Kapitel 2.4.1) und hydrodynamische Modelle (Kapitel 2.4.3).

### 2.4.1. Zeitbeiwertverfahren

Das Zeitbeiwertverfahren, oftmals auch Listenrechnung genannt, ist eine einfache Methode, um die Dimensionierung der Kanalisation zu berechnen und wird in der Schweiz oft für kleine bis mittelgrosse Siedlungsgebiete verwendet. Es stützt sich auf die Berechnung des maximalen Abflusses für eine Haltung gemäss der Gleichung (1). Für jedes Teileinzugsgebiet muss der maximale Abfluss berechnet werden sowie die Fliesszeit bis zum nächsten Gebiet (Abbildung 3).

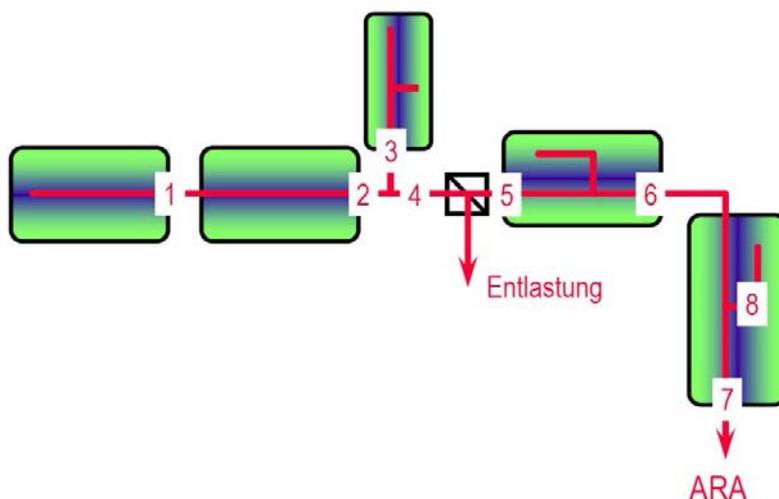


Abbildung 3: Schema des Zeitbeiwertverfahrens. Für jedes Teileinzugsgebiet werden der maximale Abfluss, die Anlaufzeit (Zeit von der Siedlung bis zur Kanalisation) und die Fliesszeit (Zeit in der Kanalisation bis zum nächsten Teileinzugsgebiet) berechnet. Aus Gujer (2003)

<sup>11</sup> Philipp Stauer, Eawag

Die massgebende Regenabschnittdauer für den maximalen Abfluss hängt von der Anlaufzeit (Abflusskonzentration) von der Siedlung bis zur Kanalisation (Haltung) ab (Konzentrationszeit)<sup>12</sup>. Diese Anlaufzeit bestimmt im Wesentlichen auch die für die Dimensionierung relevante Regendauer. Die verwendeten Regendaten werden als IDF-Kurven, die auf statistischen Auswertungen der Regenstationen basieren, dargestellt. In der Schweiz werden die Daten von Hörler und Rhein (1962) immer noch häufig verwendet.

Der Anwendungsbereich des Zeitbeiwertverfahrens ist aber sehr beschränkt, da die Methode nur zuverlässige Ergebnisse für kleine Gebiete liefert, die homogen und eher flach sind. Des Weiteren wird eine gleichmässige Überregnung vorausgesetzt. Zusätzlich kann dieses Verfahren Rückstau und Überstau und das Verhalten der Regenbecken nicht direkt abbilden<sup>13</sup>. Im Allgemeinen ist dieser Ansatz sehr konservativ und führt zu komfortablen Leistungsreserven.

#### *2.4.2. Hydrologische Modelle*

Hydrologische Modelle werden vor allem für die Simulation der Entlastungen in Mischwassersystemen verwendet. Die Modelle basieren auf starken Vereinfachungen des Kanalisationsnetzes und haben damit kleinere Ansprüche an die Daten und an die Rechenleistung. Dadurch ist es relativ einfach, mit langen historischen Regenserien unterschiedliche Entlastungskonzepte zu untersuchen. Auch sind klassische Unsicherheitsbetrachtungen möglich. Kanalnetzrechnungen sind allerdings damit nicht möglich.

#### *2.4.3. Hydrodynamische Modelle*

Mit hydrodynamischen Modellen ist es möglich, die Genauigkeit der Dimensionierungsberechnung zu erhöhen. Die verwendeten Regendaten können entweder synthetische Dimensionierungsregen oder historische Regenserien sein. Mit den hydrodynamischen Modellen ist es möglich, nicht nur die Kanalisation zu dimensionieren, sondern auch Auswirkungen von Extremereignissen zu simulieren. Es ist also möglich, die Häufigkeit und den Ort des Rückstaus und Überstaus zu berechnen. Damit bieten sich diese Modelle vor allem für die Identifikation von hydraulischen Engpässen in bestehenden Systemen an. Sie sollten nur als Leistungsnachweis, nicht aber zur Dimensionierung verwendet werden.

Hydrodynamische Modelle in Kombination mit historischen Regendaten sind auch geeignet, um die Entlastungshäufigkeiten und die damit verbundene Stoffdynamik in Mischsystemen abzuschätzen. Siehe dazu auch Kapitel 3.2.

Die hydrodynamischen Modelle sind aufwendiger und benötigen deutlich mehr Daten als das Zeitbeiwertverfahren. Die Berechnungen sind präziser und reagieren deshalb sehr viel empfindlicher auf Unsicherheiten und Fehler in den Eingabedaten. Aus diesem Grund ist eine hohe Fachkompetenz des Anwenders von entscheidender Bedeutung. Klassische Unsicherheitsanalysen können aufgrund der Rechenintensität der Programme nicht oder nur sehr beschränkt durchgeführt werden. Die Kalibrierung der Modelle hat eine grosse Bedeutung für die Aussagekraft (Richtigkeit) der Ergebnisse. Die Kalibrierung und Verifikation der Modelle ist aber messtechnisch aufwendig und wird nur selten

---

<sup>12</sup> Philipp Stauer, Eawag

<sup>13</sup> Philipp Stauer, Christoph Egger, Eawag

durchgeführt. Aus diesem Grunde wird oft mit Sicherheitsfaktoren und konservativen Annahmen bei den Modellparametern gerechnet. Ein Beispiel sind die Richtlinien, welche für die hydrodynamische Modellierung in Dänemark verwendet werden (Abbildung 4).

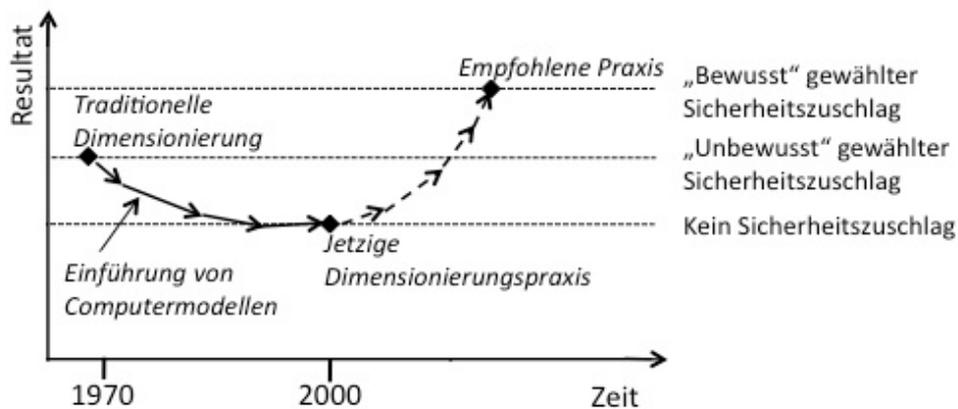


Abbildung 4: Qualitative Entwicklung der Dimensionierung mit und ohne hydrodynamische Modellierung und der Einfluss der Unsicherheiten. Die „bewusst“ gewählten Sicherheitszuschläge enthalten auch die Unsicherheiten des Klimawandels und die Entwicklung der Versiegelung (Harremoës et al., 2005).

In der Schweiz gibt es keine Richtlinien oder Wegleitungen zum Einsatz von hydrodynamischen Modellen für die Dimensionierung oder die hydraulische Überprüfung von Kanalisationen. Falsche Simulationsergebnisse oder die Verwendung ungeeigneter Sicherheitsfaktoren können zu erheblichen Mehr- oder Fehlausgaben bei Sanierung und Investitionen führen. Umgekehrt können die hohen Anforderungen an die Eingabedaten beträchtliche Aufwendungen bei der Datenerhebung zur Folge haben. In solchen Fällen wären Richtlinien oder Best-Practice-Empfehlungen wichtige Qualitätsgrundlagen.

#### 2.4.4. Variabilität und Unsicherheiten

Bei der Siedlungswasserwirtschaft muss sorgfältig zwischen Variabilität und Unsicherheiten<sup>14</sup> unterschieden werden. Beide Grössen werden mit denselben statistischen Grössen charakterisiert, haben aber eine grundsätzlich unterschiedliche Qualität. Die Variabilität ist eine intrinsische Eigenschaft z. B. des Abwasseranfalles oder des Niederschlages. Es regnet mal stärker oder schwächer und das Auftreten dieser Regenereignisse ist zufällig.

Unsicherheiten beschreiben unser ‚Nichtwissen‘ oder die Abweichungen von einem hypothetischen ‚wahren‘ oder ‚idealen‘ Wert. Stark vereinfacht bedeutet das, dass Unsicherheiten mit entsprechendem Aufwand reduziert werden können, während die Variabilität nicht beeinflusst werden kann.

<sup>14</sup> Die Literatur spricht hier von aleatorischer Unsicherheit (hier als Variabilität bezeichnet) und epistemischer Unsicherheit (hier als Unsicherheit bezeichnet).

Bei der Dimensionierung spielt der sorgfältige Umgang mit Unsicherheiten eine zentrale Rolle. Dabei können die folgenden drei Hauptgruppen unterschieden werden (nach Walker *et al.* (2003)):

- *Modellunsicherheiten*: Die Kenntnis, welche Modelle oder Computersimulationen für welchen Zweck eingesetzt werden können und welche Aussagen den berechneten Resultaten entnommen werden dürfen. Verbesserungen schaffen hier die fundierte Ausbildung und Erfahrung der Modellanwender und Forschungsprojekte.
- *Parameter- und Inputunsicherheiten*: Für Modellparameter (z. B. der Rauigkeitsbeiwert der Leitungen) und Inputparameter (z. B. Niederschlag, Flächendaten, Anschlüsse) bestehen im Allgemeinen keine genügend präzisen Angaben. Die Modellanwender stehen vor der Wahl, konservative Annahmen zu treffen (= Sicherheitsfaktoren) oder mit Messungen und Erhebungen diese in genügender Genauigkeit zu ermitteln. In der Schweiz fehlen Richtlinien zum Umgang mit diesen Unsicherheiten weitgehend. Von Seiten der Wissenschaft wurden bereits Methoden zum Umgang mit Unsicherheiten entwickelt, diese werden aber noch nicht in der Praxis angewandt.
- *Szenarische Unsicherheiten*: Die Dimensionierung der Kanalisation muss theoretisch auf die Lebensdauer einer Kanalisation, das heisst auf 80 Jahre, abgestimmt sein. Insbesondere der Klimawandel sowie die Siedlungsentwicklung und besonders die Entwässerungsplanung haben grossen Einfluss auf den Abwasseranfall und können diesen innerhalb von 80 Jahren stark verändern. Diese Entwicklungen müssen im Dimensionierungsansatz berücksichtigt werden, um robuste und akzeptable Lösungen zu erreichen. Auch hier fehlen Vorgaben oder Richtlinien in der Schweiz.

Generell fehlt in der Schweiz eine Erfolgskontrolle, ob die Annahmen bei der Dimensionierung zu korrekten Ergebnissen führen. Z. B. wäre es möglich, basierend auf den abwasserbedingten Schadensdaten der Versicherungen die effektiven Jährlichkeiten und damit die effektive Leistungsfähigkeit der Siedlungsentwässerung mit den Berechnungen zu vergleichen.

## 3. Abwasserhydrologie im Entwässerungssystem

### 3.1. Interaktion des Abwassers mit dem Grundwasser

Entsprechend des Kanalisationszustands (Brüche, Fehlanschlüsse) kann das Abwasser mit dem Grundwasser interagieren, entweder durch Eindringen des Grundwassers in die Kanalisation (Infiltration) oder durch Exfiltration des Abwassers. Der Zustand der Kanalisation in der Schweiz wurde im „Infrastruktur“-Modulbericht diskutiert. Die Verbindung zwischen der Beurteilung des Zustandes und der Leistungsfähigkeit der Kanalisation ist aber nicht bekannt [Rieckermann *et al.*, 2003]. Durch eine gute Erhaltung der Kanalisation können die In- und die Exfiltration vermindert werden.

### 3.1.1. Infiltration

Der Anteil des Fremdwassers (Bäche, Brunnen, Grundwasser) in der Kanalisation wurde im „Abwasseranfall“-Modulbericht diskutiert. In die Kanalisation eindringendes Grundwasser verursacht verschiedene Probleme: Einerseits überlastet es die Kanalisation, was zu einer Häufung von Überstauerereignissen oder Mischwasserüberläufen während Nassperioden führt. Andererseits vermindert es die Leistung der Abwasserreinigung aufgrund der Verdünnung und des Temperaturrückganges (Kretschmer *et al.*, 2008). Das Eindringen des Grundwassers in die Kanalisation wurde vorher oft anhand des Durchflusses während der Nacht gemessen. Es wurde angenommen, dass der nächtliche Abwasseranfall bei Trockenwetter fast nur Fremdwasser beinhaltete. Diese Annahme ist aber meistens für grosse Siedlungen, wo die Kanalisation lang ist und die Fliesszeit bis zur Kläranlage mehrere Stunden dauern kann, nicht gültig. Ausserdem werden immer öfter Geräte, die Wasser brauchen (z. B. Waschmaschine), während der Nacht verwendet. Die neuen Methoden, um Fremdwasser zu messen, wenden die Indikatoranalyse an und verwenden Indikatoren wie das unterschiedliche  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$  Ratio zwischen dem Abwasser und dem Grundwasser<sup>15</sup> (Kracht, 2006).

In der Schweiz wurde bisher oft nur der Zustand der öffentlichen Kanalisation geprüft, obwohl ein grosser Anteil des Fremdwassers durch Fehlanschlüsse oder Risse in die private Kanalisation eindringen kann. Mit dem neuen Musterpflichtenheft für den GEP sollten derzeit die privaten Kanalisationen auch geprüft und diese Wissenslücke geschlossen werden (siehe auch Modulbericht „Infrastruktur“).

### 3.1.2. Exfiltration aus der Kanalisation

Die Exfiltration aus der Kanalisation ist schwierig zu beurteilen. Schätzungen ergeben Werte zwischen 1% und 13 % Abwasserexfiltration aus dem Kanalnetz in den Unterboden. Bei Berücksichtigung der Hausanschlüsse, die tendenziell in schlechterem Zustand sind, steigt die potenzielle Exfiltrationsrate sogar auf bis zu 25 % des Abwasserabflusses an (Joss *et al.*, 2006), (Musloff *et al.*, 2010). Die Faktoren, die die Exfiltration beeinflussen, sind das Alter und Baumaterial der Kanalisation und die Qualität des Baus (Dichtung) (Amick and Burgess, 2000). Die Abwasserexfiltration erfolgt z. B. durch Risse in der Kanalisation oder wegen mangelhafter Dichtung. Diese Löcher können durch die Sedimente des Abwassers und eine Biofilmbildung abgedichtet werden. Damit wird die Exfiltrationsgeschwindigkeit rasch vermindert und eine Gleichgewichtsgeschwindigkeit von rund  $10^{-2}$  -  $10^{-6}$   $\text{l s}^{-1}$  bzw. eine Exfiltrationsrate von 0,02 bis 9  $\text{l d}^{-1} \text{cm}^{-2}$  (durchschnittliche tägliche Rate bei standardisierter Schadstelle) bzw. 0,0002 bis 2  $\text{l s}^{-1} \text{km}^{-1}$  (durchschnittliche tägliche Rate bezogen auf die Kanallänge) erreicht. Die Abdichtung ist aber nicht dauerhaft und kann sich wieder öffnen, entweder während Regenwetter aber auch während Trockenwetter (Ellis *et al.*, 2008).

Die Exfiltration des Abwassers verursacht Probleme wegen der potenziellen Verschmutzung des Grundwassers. Es gibt aber wenige Studien, die einen direkten spezifischen Einfluss der Abwasserexfiltration auf die Grundwasserqualität zeigen (Amick and Burgess, 2000), obwohl Studien belegen, dass Abwasser im Grundwasser oftmals nachgewiesen werden kann. Zum Beispiel wurden Bor oder Röntgen-Kontrastmittel, die aus Lecken in der Kanalisation stammen, im Grundwasser gemessen

---

<sup>15</sup> Das  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$  Ratio im Wasser steigt mit der Höhe. Wenn das Trinkwasser einer Quelle genutzt wird, die in einem höher- oder tiefergelegenen Ort liegt, wird das  $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$  Ratio zwischen dem Trinkwasser (und Abwasser) und dem Fremdwasser unterschiedlich sein.

(Wolf *et al.*, 2004). In einer Studie in Leipzig haben Musolff *et al.* (2010) gezeigt, dass 12-16 % der Neubildungsrate des betrachteten Grundwassers von der Abwasserexfiltration herrühren. Die Konzentrationen der Mikroverunreinigungen im Grundwasser sind sehr niedrig (ng/L bis zu µg/L) (Musolff *et al.*, 2009) und eine toxikologische Wirkung konnte nicht festgestellt werden. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass die Akkumulation der Mikroverunreinigungen im Grundwasser und Trinkwasser eine langfristige negative Wirkung auf die Gesundheit<sup>16</sup> haben kann.

### 3.2. Mischwasserentlastungen in Gewässer bei Regenwetter

Die Prozesse und die Häufigkeit der Mischwasserentlastungen sind im „Abwasseranfall“-Bericht beschrieben. Kurz zusammengefasst ereignen sich Mischwasserentlastungen während ungefähr 0.6 % der Zeit. Mischwasserentlastungen können aber für einen substantiellen Anteil des Stoffeintrags in Gewässern verantwortlich sein. Um herauszufinden, wo Mischwasserentlastungen relevant sind für Gewässer, wurde die VSA-STORM-Richtlinie erstellt.

#### 3.2.1. VSA-STORM-Richtlinie

Die STORM-Richtlinie (GEP-Kommission, 2007) ist eine neue VSA-Richtlinie, die auf die Abwassereinleitung in Gewässer bei Regenwetter (Mischwasserentlastungen und Regenwassereinleitungen) fokussiert ist. Sie stützt sich auf das BAFU/Eawag STORM-Projekt<sup>17</sup> und sollte als Ergänzung zum GEP-Musterpflichtenheft eingesetzt werden. Das Bedürfnis für eine neue Richtlinie entstand aus der Tatsache, dass sich die früheren Empfehlungen für die Mischwasserentlastungen auf die Emission konzentrierten, obwohl das Gewässerschutzgesetz Vorgaben für die Immissionen macht. Die STORM-Richtlinie fokussiert also auf die Immission der Niederschlagswassereinleitung (Einfluss auf das Gewässer) und nicht nur auf die Emission (Menge der eingeleiteten Schadstoffe). Damit wird die Strategie bei Regenwetter näher an die Gewässerschutzstrategie angepasst. Die Gewässer werden entsprechend ihrer hydrologischen Eigenschaften (Quellgewässer, kleiner Mittellandbach, grosses Fließgewässer,...) klassifiziert.

Die Gewässer sind entsprechend ihrer Klasse unterschiedlich empfindlich. Zum Beispiel sind die Fließgewässer nicht empfindlich im Hinblick auf die Nährstoffbelastung, die Seen jedoch schon. Die mechanisch-hydraulische Beeinträchtigung ist meistens ein Problem für die kleinen Bäche, während sie kein grosses Problem für grössere Gewässer darstellt. Die STORM-Richtlinie schlägt technische, administrative und ökonomische Massnahmen für die Abwassereinleitung in Gewässer bei Regenwetter vor. Zentral ist die Kosten-Nutzen-Analyse, die helfen soll, Entscheidungen für Massnahmen an der Quelle oder im Gewässer zu treffen.

Nicht klar ist aber, wie die STORM-Richtlinie in der Praxis eingesetzt werden soll<sup>18</sup>. Eigentlich erfordert die Anwendung der STORM-Richtlinie viele Kenntnisse über Biologie und Ökotoxikologie, über die die Ingenieurbüros, welche die Massnahmen planen, nicht immer verfügen. Das REBEKA-Modell

---

<sup>16</sup> Mario Schirmer, Eawag

<sup>17</sup> [http://www.gepdata.ch/rebeka/storm/storm\\_d.html](http://www.gepdata.ch/rebeka/storm/storm_d.html)

<sup>18</sup> Jörg Rieckermann, Eawag

für die Situationsanalyse der STORM-Richtlinie ist zu einfach, um komplexe Kanalsysteme oder wegweisende Lösungen zur Wiederherstellung der Gewässergütekriterien zu simulieren.

### *3.2.2. Vergleich mit europäischen Ländern*

Die Mischwasserentlastungen werden in den europäischen Ländern unterschiedlich gehandhabt. Bis jetzt sind die Richtlinien nur in Grossbritannien, der Schweiz, Deutschland und in Frankreich immissionsorientiert. In verschiedenen Ländern sind die Richtlinien für die Mischwasserentlastungen emissionsorientiert (z. B. Polen, Tschechien, Slowakei). Tschechien bereitet aber eine neue immissionsorientierte Richtlinie vor. In anderen Ländern (z. B. Belgien, Spanien) gibt es auf nationaler Ebene keine Richtlinie.

Die immissionsorientierten Richtlinien sehen sehr unterschiedlich bezüglich Struktur, Kriterien und Umsetzung aus (Tabelle 1).

	LANU M2 (Deutschland)	Regelblatt 19 (Österreich)	BWK-M3 (Deutschland)	La ville et son assainissement (Frankreich)	BWK-M3 det (Deutschland)	STORM (Schweiz)	UPM (UK)
Struktur/ Komplexität	Schrittimplementierung?	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
	Zusätzliche Analyse	Feldanalyse	Feldanalyse		Feldanalyse/ biologische Indikatoren	Feldanalyse	
Ermittlungs- kriterien	Raumunterscheidung	Single-point	Aggr/single- point	Integrative	Integrative	Aggregierte	Integrative
	Hydraulisch	$Q_{E,1} < 0.1 - 0.5 HQ_1$	$Q_{E,1} < 0.1 - 0.3 HQ_{1, pnat}$		$n_{crit}$ (shear stress)	$n_{crit}$ (bed load)	
	Gewässerverschmutzung	DO, NH <sub>4</sub> -N, PE/MNO <sub>3</sub> , TSS (Emissions- orientiert)	DO, NH <sub>3</sub> -N	COD, BOD <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> - N	DO, NH <sub>3</sub> -N, TSS(s)-IDF	NH <sub>3</sub> , TSS, (DO), [N, P]-IDF	DO, NH <sub>3</sub> -N-IDF, percentile
Empfehlung der Unsicherheit	Empfehlung eines Modells	Nein	Ja (VERENA)	Nein	Nein	Ja (REBEKA II)	Ja (SIMPOL)
	Ermittlung der Unsicherheit	Min. Anforderungen für Modellkalibrierung	-	Empfohlen für die Messungen	Kalibrierung zwingend; qualitative Parameter	Parameter durch Monte- Carlo Simulation	Sensitivitätsanalyse vorgeschlagen
Ref		(ÖWAV, 2007)	(BWK, 2007)	(CERTU, 2003)	(BWK, 2007)	(VSA, 2007)	(FWR, 1998)

Tabelle 1: Überblick über die verschiedenen Immissions-orientierten Richtlinien in Europa. Aus Blumensaar et al. (2011)

Ein wichtiger Parameter für die Anwendung und Verbreitung einer Richtlinie scheint die darin enthaltene Empfehlung eines Modells für die Simulation von Regenereignissen zu sein. Drei Richtlinien (BWK-M3, STORM und UPM) wurden in einer Fallstudie verglichen. Die Richtlinien kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen in Bezug auf die zu treffenden Massnahmen (Blumensaat et al., 2011).

### 3.2.3. Hochwasser und Abwasserentsorgung

Fluviale Hochwasser werden hauptsächlich vom abfliessenden Niederschlag im natürlichen Einzugsgebiet geprägt. Die urbane Entwässerung liefert zwar ebenfalls einen Beitrag. Deren Scheitel der Abflusswelle liegt aber zeitlich meistens vor der natürlichen, weil die natürliche Abflussbildung stärker verzögert abläuft. Die Dauer der beiden Abflusswellen unterscheidet sich jedoch wesentlich. Bei seltenen Hochwasserereignissen sind langgestreckte und langandauernde Wellen zu erwarten, sodass mehrere Entlastungsereignisse während eines Hochwassers zusammenfallen können. Untersuchungen zu diesem Thema hat Sartor (1998) an einer Reihe von Gewässern in Süddeutschland durchgeführt.

Hochwasserereignisse können die Abwasserentsorgung einschränken. Erhöhte Pegelstände in den aufnehmenden Gewässern können z. B. zu Rückstau im Entlastungskanal einer Mischwasserentlastung oder zu Wassereinbrüchen in Pumpwerke führen. Um den unerwünschten Gewässerzufluss in die Kanalisation zu unterbinden, werden z. B. Klappen angeordnet, die die Rückstausicherung gewährleisten. Bei hohen Pegelständen ist es prinzipiell möglich, dass die Klappen wegen des Wasserdruckes nicht mehr zu öffnen sind. Massgebend ist hier die Versagenswahrscheinlichkeit gegen Rückstau. In solchen Situationen ist die örtliche Situation ausschlaggebend, ob im Entlastungsfall eine Gefährdung der Überstauschutzziele zu befürchten ist oder ob durch eine Hochwasserentlastung das Mischwasser an anderer Stelle die Kanalisation verlassen kann. Eine Beurteilung der örtlichen Verhältnisse und die Bestimmung der Hochwasserpegelstände sollten im Rahmen der generellen Planung durchgeführt werden.

## 4. Einfluss des Klimawandels auf die Siedlungsentwässerung

In diesem Abschnitt werden die spezifischen Einflüsse des Klimawandels auf die Siedlungshydrologie beschrieben. Generelle Angaben zum Klimawandel wurden im „Abwasseranfall“-Modulbericht gemacht. Im Allgemeinen werden die Regenmengen im Herbst und Winter in ganz Europa zunehmen, während sie im Sommer leicht sinken werden. Tabelle 3 fasst verschiedene relevante Publikationen zum Klimawandel und der Siedlungsentwässerung in Europa und Nord-Amerika und deren Ergebnisse zusammen. Die Einschätzung des Einflusses des Klimawandels auf die Abwasserentsorgung basiert auf Simulationen. Die Simulationen verwenden regionale Klimamodelle (RCM), oft vom Hadley-Zentrum<sup>19</sup> oder das HIRHAM Modell<sup>20</sup>. Diese Modelle stützen sich auf verschiedene IPCC<sup>21</sup> -

<sup>19</sup> <http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/resources/hadley>

<sup>20</sup>

[http://www.awi.de/en/research/research\\_divisions/climate\\_science/atmospheric\\_circulations/research\\_themes/climate\\_modelling/hirham/](http://www.awi.de/en/research/research_divisions/climate_science/atmospheric_circulations/research_themes/climate_modelling/hirham/)

Szenarien für CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zukunft. Das Kanalisationsnetz wird in verschiedenen Studien durch das MOUSE-Programm<sup>22</sup> simuliert (z. B. Semadeni-Davies *et al.* (2008); Nie *et al.* (2009); Olsson *et al.* (2009)). Die Zeitperioden der Simulation gehen in den meisten Publikationen bis Ende des 21. Jahrhunderts und entsprechen ungefähr der Lebensdauer einer heute neu erstellten Kanalisation.

Obwohl die Analyse der historischen Niederschlagsdaten in Österreich und Deutschland ergibt, dass es keinen statistischen Trend in Richtung einer Zunahme des massgeblichen Niederschlags gibt (Sitzmann, 2008; De Toffol *et al.*, 2009), rechnen die meisten Publikationen mit einer Zunahme von 10 % bis 50 % der Niederschlagsmenge bis Ende des 21. Jahrhunderts (Butler *et al.*, 2007; Vatten, 2007; Nie *et al.*, 2009). Die Zunahme der Niederschlagsmenge hat einen Einfluss auf die Siedlungsentwässerung und insbesondere auf die Überstau- / Überflutungsereignisse und die Mischwasserentlastungen. Die Kapazitäten des Siedlungsentwässerungssystems müssen deutlich erhöht werden, um die gleiche Leistung wie heute zu garantieren (Butler *et al.*, 2007; Semadeni-Davies *et al.*, 2008). Die Häufigkeit von Überschwemmungen in Siedlungen wird gegenüber heute steigen, wenn keine Massnahmen getroffen werden (Ashley *et al.*, 2005; Grum *et al.*, 2006; Olsson *et al.*, 2009). Die finanziellen Konsequenzen des Klimawandels können erheblich sein: In Norwegen wird geschätzt, dass im Jahr 2100 zwischen 65 % und 173 % mehr Gebäude dem Überschwemmungsrisiko ausgesetzt sein könnten als heute (Nie *et al.*, 2009). Im Vereinigten Königreich schätzt man (Evans *et al.*, 2004), dass eine Zunahme von 40 % der Regenintensität in einer Zunahme von 200 % der Überschwemmungsschäden resultieren wird. In Schweden werden die Kanalisationsanpassungskosten für die nächsten 25 Jahre auf einen Drittel der Sanierungskosten geschätzt (Vatten, 2007).

Die Publikationen, die einen Einfluss des Klimawandels auf die Siedlungsentwässerung zeigen, stammen meistens aus Nord-Europa. Simulationen für München zeigen, dass die Intensität bei den Extremereignissen ansteigen wird. Zusätzlich wird erwartet, dass ein Regenereignis, das heute statistisch etwa alle sechs Jahre auftritt, zukünftig mit Wiederkehrperioden von 3 Jahren auftreten wird (Staufer *et al.*, 2010).

Analysen historischer Daten aus Österreich und Deutschland zeigen, dass es bisher keinen zunehmenden Trend der für die Kanalisationsdimensionierung massgebenden Niederschläge gibt (Sitzmann, 2008; De Toffol *et al.*, 2009). Damit gibt es zurzeit keinen unmittelbaren Anlass, das Siedlungsentwässerungssystem anpassen zu müssen. Die Entwicklung der Überschwemmungs- und Mischwasserentlastungshäufigkeit hängt aber nicht nur vom Klimawandel ab, sondern auch von der Siedlungsentwicklung (Ashley *et al.*, 2008; Semadeni-Davies *et al.*, 2008). So zeigt Abbildung 2, dass üblicherweise eine Siedlungsverdichtung auch eine Erhöhung der Versiegelung mit sich bringt. Der demographische Wandel ist also ein wichtiger Parameter für die Simulation der zukünftigen Siedlungsentwässerung.

Entsprechende Auswertungen von historischen Regendaten oder Simulationen des Einflusses des Klimawandels auf die Siedlungsentwässerung in der Schweiz gibt es nicht. Die Übertragbarkeit von z.B. Deutschen oder Österreichischen Analysen ist nicht zuverlässig möglich, da die Alpen einen hohen Einfluss auf das Klima haben.

---

<sup>21</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

<sup>22</sup> MOUSE ist ein Programm für die Simulation des Kanalisationsnetzes, entwickelt durch die DHI Group (<http://www.dhigroup.com/>)

Wer und Wann	Land	Ergebnisse	Kommentare	Zeitperiode
(Ashley et al., 2005)	United Kingdom	Mind. 2 Mal mehr Überschwemmungen		Bis 2080
(Grum et al., 2006)	Dänemark	Mind. 2 Mal mehr Überschwemmungen		2071-2100
(Butler et al., 2007)	England	57% Zunahme der verlangten Volumen der Kanalisation	10% Zunahme des jährlichen Niederschlags, 35% Zunahme im Winter	2080-2090
(Tait et al., 2008)	United Kingdom	15-25% Zunahme der Mischwasserentlastungsmenge	Kombination des Klimawandels und demographischen Wandels	Bis 2025
(Vatten, 2007) zitiert in (Mark et al., 2008)	Schweden	50% Zunahme der Niederschlagsmenge im Herbst und Winter	Kosten für Abwasserinfrastruktur = 3.6 Mrd. CHF (1/3 der Sanierungskosten)	
(Patz et al., 2008)	Chicago/USA	50-120% Zunahme der Mischwasserentlastungshäufigkeit		Ende des 21. Jahrhunderts
(Semadeni-Davies et al., 2008)	Schweden	2-3 Mal grösseres verlangtes Volumen für Regenbecken	Mehr als 3 Mal grösseres verlangtes Volumen für Regenbecken, wenn der demographische Wandel auch berücksichtigt wird.	2081-2090
(De Toffol et al., 2009)	Österreich	Kein statistischer allgemeiner Trend in Richtung Starkniederschläge	Vergleich von historischen Daten	
(Nie et al., 2009)	Norwegen	Je nach Szenario 36-76% mehr Überschwemmungen, 36-89% Zunahme der Menge von Mischwasserentlastungen	Konsequenzen werden 1.5-3 Mal stärker als die Erhöhung des Niederschlags	2071-2100
(Olsson et al., 2009)	Schweden	20-45% Zunahme der Überschwemmungen		Bis 2100

Tabelle 2: Zusammenfassung relevanter Literatur zum Einfluss des Klimawandels auf die Siedlungsentwässerung

#### 4.1.1. Massnahmen zur Anpassung an den Einfluss des Klimawandels

Konventionelle Massnahmen im Bereich der Kanalisation bestehen darin, grössere Kanalisationen und grössere Regenbecken zu bauen (Butler *et al.*, 2007; Semadeni-Davies *et al.*, 2008). Wegen der hohen Kosten der Kanalisation (siehe „Infrastruktur“-Modulbericht) werden diese Massnahmen teuer sein. Neben der konventionellen Erweiterung der Kanalisation und der Rückhaltebecken ist es aber möglich, den Einfluss des Klimawandels auf die Siedlungshydrologie durch die Reduktion des Abwasseranfalls mithilfe von SUDS<sup>23</sup> zu vermindern. Der Begriff SUDS umschreibt die konsequente Umsetzung von Massnahmen im Siedlungsgebiet, welche den Abflussbeiwert beeinflussen und damit die Menge des Regenwassers in der Kanalisation vermindern. Siehe dazu auch den Modulbericht „Abwasseranfall“. Die Effizienz der SUDS wurde im Zentrum von Malmö (Schweden) demonstriert, wo durch die Einrichtung von SUDS die Mischwasserentlastungen um 75 % vermindert und Abwasserüberschwemmungen beseitigt wurden (Semadeni-Davies *et al.*, 2008). In ihrer Forschung kommen (Semadeni-Davies *et al.*, 2008) auch zum Schluss, dass durch die Abkopplung von Regenwasser und die Verwendung von SUDS die Anzahl der Mischwasserentlastungen stark verringert werden kann. Es ist wichtig, zu betonen, dass SUDS-Massnahmen keine Patentlösung sind. Eigentlich sind SUDS eher auf häufige Ereignisse ausgerichtet und nicht auf extreme Ereignisse (Jährlichkeit  $\geq 20$  Jahre)<sup>24</sup>. Denn während extremen Ereignissen ist die Regenintensität so hoch, dass das Regenwasser keine Zeit hat, zu versickern und die Kanalisation dann trotzdem erreicht. Für extreme Regenereignisse gibt es den Ansatz, bestimmte öffentliche Flächen (z.B. Fussballfelder, Parkplätze) für eine kontrollierte Überflutung bei Starkregen vorzusehen. In der Schweiz wird von Bund und Städten eine „Nationale Klimastrategie“ erarbeitet<sup>25</sup>.

#### 4.1.2. Einfluss des Klimawandels auf die Interaktion des Abwassers mit dem Grundwasser

Mit dem Klimawandel werden längere trockene Perioden im Sommer erwartet. Dadurch könnten die Grundwasserstände sinken. Die Kanalisation, die heute durch Grundwasser führt, könnte also in Zukunft öfters durch ungesättigten Boden führen. Damit wird die Infiltration des Grundwassers reduziert (OcCC and ProClim-, 2007) und gleichzeitig könnte die Exfiltration zunehmen<sup>26</sup>. Mit der Verminderung des Grundwassereindringens ist auch zu erwarten, dass die Sedimentation in der Kanalisation zunehmen wird und öfter Sanierungsbedarf besteht. Im Grossen und Ganzen sind aber die Nachteile der Infiltration in die Kanalisation grösser als die Vorteile (Kretschmer *et al.*, 2008).

---

<sup>23</sup> SUDS steht für Sustainable Urban Drainage System.

<sup>24</sup> Philipp Stauer, Eawag

<sup>25</sup> Patrizia Dazio, BAFU

<sup>26</sup> Jörg Rieckermann, Eawag

## 5. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen

Die Siedlungshydrologie muss heute auf verschiedene Herausforderungen reagieren. Einerseits entwickeln sich die Simulationsprogramme für die Dimensionierung der Siedlungsentwässerungsanlagen stetig weiter und somit steigen Präzision und Detailtreue. Andererseits muss die Planung der Anlage insbesondere die szenarischen Unsicherheiten der Zukunft, wie Klimawandel und Siedlungsentwicklung, vermehrt berücksichtigen. Es ist zu erwarten, dass die Dimensionierung der Kanalisation in Zukunft häufiger mittels hydrodynamischer Modellierung gemacht wird. Insbesondere für die gezielte Identifikation hydraulischer Engpässe im Bestand ist der Einsatz solcher Modelle auch in kleineren Einzugsgebieten sinnvoll. Es ist deshalb wichtig, die entsprechenden Datengrundlagen und Datenhaltungen zu fördern und andererseits ‚best-practice‘ Richtlinien für die Dimensionierung mittels Simulation und für den Umgang mit Unsicherheiten zu entwickeln. Ebenfalls wird sich sicher der Gebrauch von gekoppelten 1D-2D-Modellen durchsetzen, mit denen die Ausbreitung der Welle im Stadtgebiet in Folge von Überstauereignissen abgebildet werden kann. Die Anwendung von Simulationsmodellen erfordert Experten Know-how.

Eine andere Entwicklung ist die nötige Gesamtbetrachtung der Abwasserverluste aus der Siedlungsentwässerung. Dazu gehören neue Methoden für die Bestimmung der Dichtheit der Kanalisation, Massnahmen zur Überprüfung von Fehlfunktionen und Fehllanschlüssen und Verbesserungen in der Planung der Mischwasserentlastungen und deren Überprüfung. Dazu braucht es den Einsatz neuer und moderner Mess- und Überwachungstechnologien und deren Integration in Planung und Betrieb.

Auf nationaler Ebene können die folgenden Empfehlungen gemacht werden. Die Auflistung impliziert keine Bewertung oder Priorisierung:

- Es gibt im Moment keine einheitliche und anerkannte statistische Auswertung der in der Schweiz verfügbaren Regendaten spezifisch für die Siedlungsentwässerung. Die am häufigsten verwendeten *Regendaten* für die Siedlungsentwässerung stammen aus dem Jahr 1962 und geben Daten für nur 16 Stationen in der Schweiz.

H-1: Es sollte eine aktuelle, einheitliche Regendatenbank angelegt und kontinuierlich gepflegt werden. Enthalten sein sollen alle für die Entwässerungsplanung notwendigen Regendaten, auch Interpolationen (z. B. Isolinien) für Gebiete ohne Regenmessungen, statistische Regenauswertungen und Dimensionierungsregenserien.

- Der Klimawandel wird derzeit häufig debattiert und kann erhebliche Einflüsse auf die Siedlungsentwässerung haben. Obwohl es viele Simulationen in anderen Ländern gibt, fehlt derzeit eine Analyse der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels auf das schweizerische Siedlungsentwässerungssystem.

A-1a: Es sollte untersucht werden, welchen Einfluss der Klimawandel auf die Abwasserinfrastruktur haben könnte.

A-1b: Zur Reduktion von möglichen aber mit Unsicherheit behafteten Auswirkungen des Klimawandels, sollten robuste, flexible und kosteneffiziente Massnahmen entwickelt werden.

A-1c: Es sollte eine einheitliche und praxisorientierte Versickerungsrichtlinie erarbeitet werden und die Architekten, Landschaftsplaner und Städteplaner sollten zu einem nachhaltigen Umgang mit Regenwasser in der Siedlung systematisch motiviert werden

- Das richtige Umsetzen der *STORM-Richtlinie* in der Praxis verursacht Probleme.

H-2: Es sollte untersucht werden, wie die *STORM-Richtlinie* besser in der Praxis verankert werden kann.

- *Abwasserverluste in der Siedlungsentwässerung* machen eine Gesamtbetrachtung der Kanalisation notwendig. Während heute der Fokus auf den Mischwasserentlastungen liegt, sollte in Zukunft eine ganzheitliche Betrachtung möglich sein.

H-3: Es sollten Methoden und Richtlinien entwickelt werden, die die Gesamtleistung der Siedlungsentwässerung charakterisieren.

Quantität: Dazu sollten z. B. neue Methoden für die Bestimmung der Abwasserverluste aus der Kanalisation und Massnahmen zur Überprüfung von Fehlfunktionen und Fehlan schlüssen entwickelt werden.

Qualität: Die Auswirkungen von Abwasserexfiltrationen auf die Grundwasserqualität sollte beschrieben werden.

*Siehe dazu auch die folgende Empfehlung:*

A-2: Die Spurenstoff-Massenflussströme, die die Eintragspfade von Spurenstoffen in die Umwelt charakterisieren, sollten quantifiziert werden. \*aus abgeleitetem Regenwasser \*aus Kanälen (Mischwasser, Fehlan schlüsse, Exfiltration)

- Die *Dimensionierung* der Entwässerungsanlage wird heute noch zu wenig transparent gehandhabt. In unserer sich verändernden Umwelt (Siedlungsentwicklung, Klimawandel) und angesichts der grossen Kosten sollte die Dimensionierung der Kanalisation besser abgestimmt sein, um die Unsicherheiten in der Dimensionierung zu vermindern.

H-4a: Richtlinien für den Einsatz von Modellen sollten empfohlen und gefördert werden. Insbesondere für den Einsatz von Sicherheitsfaktoren und den Umgang mit Unsicherheiten sollten breit abgestützte Empfehlungen erarbeitet werden.

H-4b: Für den Einsatz von Modellen sollten Richtlinien gefördert werden und breit abgestützte Empfehlungen erarbeitet werden. Dies betrifft besonders den Umgang mit \*Sicherheitsfaktoren, \*Unsicherheiten, \*szenarischen Unsicherheiten

## 6. Referenzen und Quellen

- Amick, R. S. and Burgess, E.H. (2000). Exfiltration in Sewer Systems. Cincinnati, Ohio, National Risk Management Research Laboratory of USA.
- Ashley, R. M., Balmfort, D.J., Saul, A.J., Blanskby, J.D. (2005). "Flooding in the future - predicting climate change, risks and responses in urban areas." *Water Science and Technology* 52(5): 265-273.
- Ashley, R. M., Clemens, F. H., Tait, S. J., Schellart, A. (2008). Climate change and the implications for modelling the quality of flow in combined sewers. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland.
- Blumensaat, F., Stauer, P., Heusch, S., Reußner, F., Schütze, M., Seiffert, S., Gruber, G., Zawilski, M., Rieckermann, J. (2011). Water quality based assessment of urban drainage impacts in Europe – where do we stand today? 12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil.
- Butler, D., McEntee, B., Onof, C., Hagger, A. (2007). "Sewer storage tank performance under climate change." *Water Science and Technology* 56(12): 29-35.
- BWK (2007). Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswasserleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse (Derivation of requirements for wet weather discharges with regard to local circumstances)." Pfulligen, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK).
- CERTU (2003). La ville et son assainissement – Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau. (The city and its sewerage – Principles, methods and tools for a better integration in the water cycle, in French). Lyon (France), CERTU - Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques.
- De Toffol, S., Laghari, A. N., Rauch, W. (2009). "Are extreme rainfall intensities more frequent? Analysis of trends in rainfall patterns relevant to urban drainage systems." *Water Science and Technology* 59(9): 1769-1776.
- Eicher, C. (2002). Regenwasseranfall im Siedlungsgebiet: Bezug zur neuen SN 640 350 für die Strassenentwässerung. VSA-Fortbildungskurse 2002: Strassenentwässerung der Zukunft.
- Ellis, J. B., Revitt, D. M., Vollertsen, J., Blackwood, D. J. (2008). Factors influencing temporal exfiltration rates in sewer systems. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland.
- Evans, E.P., Ashley, R., Hall, J. W., Penning-Rowsell, E.P., Saul, A., Sayers, P.B., Thorne, C.R. and Watkinson, A.R., (2004). *Foresight Future Flooding*, Office of Science and Technology, London.
- Frankhauser, R. (200x). Automatische Auswertung von Orthofotos zur Bestimmung des Befestigungsgrades von Einzugsgebieten. [http://www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/urbane\\_einzugsgebiete/orthofotos/index](http://www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/urbane_einzugsgebiete/orthofotos/index)
- FWR (1998). Urban Pollution Management Manual. 2nd Edition. Marlow, Foundation for Water Research.

- GEP-Kommission (2007). Abwassereinleitungen ins Gewässer bei Regenwetter. VSA-Richtlinie.
- Grum, M., Jorgensen, A. T., Johansen, R.M., Linde, J.J. (2006). "The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climates model simulations." *Water Science and Technology* 54(6-7): 9-15.
- Gujer, W. (1999). *Siedlungswasserwirtschaft*. Berlin, Springer-Verlag.
- Gujer, W. (2003). *Siedlungsentwässerung*. Powerpoint Vorlage. Zürich.
- Harremoës, P., Pedersen, C. M. (2005). Funktionspraxis for afløbssystemer under regn (In Danish: Design practice for sewer systems during rainfall), The Water Pollution Committee of The Society of Danish Engineers.
- Hörler, A., Rhein, H. (1962). "Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz." *Schweizerische Zeitung für Hydrologie* 24: 291-352.
- Joss, A., Carballa, M., Kreuzinger, N., Siegrist, H., Zabcynski, S. (2006). *Wastewater Treatment in: Human Pharmaceuticals, Hormones and Fragrances – The challenge of micropollutants in urban water management*. IWA Publishing 2006. Edited by Thomas A. Ternes and Adriano Joss.
- Kracht, O. (2007). *Tracer-Based Hydrograph Separation Methods for Sewers Systems*. Zürich, ETH. Doctor Thesis.
- Kretschmer, F., Ertl, T., Koch, F. (2008). *Discharge Monitoring and Determination of Infiltration Water in Sewer Systems*. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland.
- Magnollay, A., Chaix, O. (2007). *Données pluviométriques destinées à l'hydrologie urbaine: Bilan des données et connaissances actuelles*. BG Ingenieure & Berater, VSA
- Mark, O., Svensson, G., König, A., Linde, J.J. (2008). *Analyses and Adaptation of Climate Change Impacts on Urban Drainage Systems*. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
- Musolff, A., Leschik, S., Möder, M., Strauch, G., Reinstorf, F., Schirmer, M. (2009). "Temporal and spatial patterns of micropollutants in urban receiving waters." *Environmental Pollution* 157: 3069–3077.
- Musolff, A., Leschik, S., Reinstorf, F., Strauch, G., Schirmer, M. (2010). "Micropollutant Loads in the Urban Water Cycle." *Environ. Sci. Technol.* 44: 4877–4883.
- Nie, L., Lindholm, O., Lindholm, G., Syversen, E. (2009). "Impacts of climate change on urban drainage systems - a case study in Fredrikstad, Norway." *Urban Water Journal* 6(4): 323-332.
- OcCC and ProClim- (2007). *Klimaänderung und die Schweiz 2050: Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft*. Bern.
- Olsson, J., Berggren, K., Olofsson, M., Viklander, M. (2009). "Applying climate model precipitation scenarios for urban hydrological assessment: A case study in Kalmar City, Sweden." *Atmospheric Research* 92: 364-375.
- ÖWAV (2007). *Regelblatt 19 - Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen*. Wien, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.

- Patz, J. A., Vavrus, S. J., Uejio, C.K., McLellan, S.L. (2008). "Climate Change and Waterborne Disease Risk in the Great Lakes Region of the US." *American Journal of Preventive Medicine* 35(5): 451-458.
- Rieckermann, J., Kracht, O., Gujer, W. (2003). "Wie dicht ist unser Kanalnetz?" *Eawag News* 57: 29-31.
- Sartor, J. (1998). "Die gleichzeitige Auftrittswahrscheinlichkeit hoher Abflüsse in Kanalisationsnetzen und Fliessgewässern." *Wasser & Boden* 50: 24-28.
- Semadeni-Davies, A., C. Hernebring, et al. (2008). "The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system." *Journal of Hydrology* 350(1-2): 100-113.
- Sitzmann, D. (2008). Klimawandel - Auswirkungen auf die Bemessungspraxis in der Siedlungswasserwirtschaft? 8. Göttinger Abwassertage. Göttingen, Hochschule Coburg.
- Staufer, P., Leckebusch, G., Pinnekamp, J. (2010). "Die Ermittlung der relevanten Niederschlagscharakteristik für die Siedlungsentwässerung im Klimawandel." *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 57(12): 1203-1208.
- Tait, S. J., Ashley, R. M., Cashman, A., Blanksby, J., Saul, A.J. (2008). "Sewer system operation into the 21st century, study of selected responses from a UK perspective." *Urban Water Journal* 5(1): 77-86.
- Vatten, S. (2007). Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppsnät. Meddelande M135, Stockholm, Sweden.
- VSA (2007). Abwassereinleitungen ins Gewässer bei Regenwetter GEP-Kommission, VSA-Richtlinie.
- VSS (2001). SN 640 350: Oberflächenentwässerung von Strassen.
- Walker, W. E., Harremoës, P., Rotmans, J., van der Sluijs, J.P., van Asselt, M.B.A., Janssen, P, Krayen von Kraus, M.P. (2003). "Defining uncertainty. A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support." *Integrated Assessment* 4(1): 5-17.
- Wolf, L., Held, I., Eiswirth, M., Hötzl, H. (2004). "Impact of Leaky Sewers on Groundwater Quality." *Acta hydrochimica et hydrobiologica* 32(4-5): 361-373.

### 6.1. Persönliche Mitteilungen

- Jörg Rieckermann, Gespräch vom 17. März 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Philipp Staufer, Gespräch vom 01. April 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Christoph Egger, Gespräch vom 07. April 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Mario Schirmer, Gespräch vom 10. April 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Christian Eicher, Telefongespräch vom 18. April 2011, Ingenieurbüro, Eisenbahnstrasse 1, 4900 Langenthal
- Patrizia Dazio, Gespräch vom 26. Oktober 2011, BAFU, 3063 Ittingen

# Abwasserentsorgung 2025

## 7 Neue Technologien

Fabienne Chawla, Max Maurer

Dübendorf, August 2012



## Inhalt

Zusammenfassung .....	- 205 -
1. Einleitung und Eingrenzung .....	- 206 -
2. Reinigungsverfahren .....	- 206 -
3. Schlammbehandlung.....	- 212 -
4. Dezentrale Reinigung und Separierung des Abwassers .....	- 217 -
5. Automatisierungstechnik (EMRSL) .....	- 222 -
6. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen .....	- 223 -
7. Referenzen .....	- 225 -

**Berichtsexpertin und Berichtsexperte Eawag:** Tove Larsen, Hansruedi Siegrist

**Titelfoto:** Biomebranfilteranlage zur Wasseraufbereitung im energie- und wasserautarken Wohncontainer SELF der Empa/Eawag. (Foto: Andri Bryner, Eawag)

## Zusammenfassung

Dieser Bericht stellt die neuen Technologien vor, die die Abwasserreinigung in der Schweiz in Zukunft beeinflussen können. Ein grosser Anteil des Berichts stützt sich auf zwei Publikationen: den Schlussbericht des „NEPTUNE“-Projekts (NEPTUNE, 2010) zum Thema Abwasserreinigung und die Publikation von Larsen und Maurer (2011) zum Thema der dezentralen Reinigung und Separierung des Abwassers.

Bei der Abwasserableitung gibt es in allen relevanten Bereichen neue Technologien, die den Werterhalt und die Unterhaltsmassnahmen gezielter und kostengünstiger gestalten. Insbesondere die neuen Technologien in der Zustandserfassung (neue Kamerasysteme mit GIS-Integration) machen es möglich, den Zustand des Gesamtsystems (inkl. Liegenschaftsentwässerungen) regelmässig zu überwachen. Grundsätzliche Änderungen im Hinblick auf das Gesamtsystem der Siedlungswasserwirtschaft sind aber durch die technischen Neuerungen nicht zu erwarten. Kritische Punkte bleiben aber die Qualitätssicherung der eingesetzten Materialien, Bautechniken und die benötigten Fachkenntnisse.

Bei der Abwasserreinigung stehen neben der autotrophen Stickstoffentfernung (Anammox) vor allem die Membrantechnologien und die neuen Verfahren zur Elimination der Mikroverunreinigungen im Fokus der Aufmerksamkeit.

Die Entwicklungen in der Mess-, Steuer- & Regeltechnik (MSR) und der Fernüberwachung haben einen tiefgreifenden Wandel in der Kläranlagentechnik erlaubt. Sie ermöglichen die Implementation und Optimierung komplexer Verfahren und die dynamische Nutzung verfügbarer Kapazitätsreserven. MSR werden in Zukunft weiter eine zentrale Rolle in der Entwicklung der Abwasserreinigung spielen.

Im Bereich der weitergehenden Schlammbehandlung gibt es eine Vielfalt an neuen Technologien, die die Energieverwertung und die Ressourcenrückgewinnung (v.a. Energie) zu verbessern versprechen. Allerdings wird deren Bedeutung für die Schweiz aufgrund der etablierten thermischen Schlammverwertung als gering eingestuft. In Zukunft wird, aufgrund der knapper werdenden Ressource Phosphor und der Realisierung von Monoverbrennungen und Monodeponien für Klärschlammasche, die Rückgewinnung von Phosphor, insbesondere aus Asche, relevant.

*Neuartige Sanitärtechnologien (NASS)* versprechen durch grundlegende Veränderungen im Umgang mit Abwasser Verbesserungen in der Effizienz und Effektivität. Dabei werden zwei grundlegende Ansätze verfolgt: (i) Dezentrale Konzepte mit dem Ziel, möglichst weitgehend auf eine aufwendige und investitionslastige Kanalisation verzichten zu können. (ii) Trennen und separate Behandlung der Stoffströme, was die weitergehende stoffliche und energetische Nutzung der im Abwasser enthaltenen Ressourcen ermöglicht.

Der Modulbericht schliesst mit einer Reihe von Schlussfolgerungen und Empfehlungen ab.

## 1. Einleitung und Eingrenzung

Ursprünglich hatte die Abwasserreinigung zum Ziel, Umwelt und Menschen vor der schädlichen Wirkung des Abwassers zu schützen. In Zukunft werden zusätzlich auch die Verwertung und (Rück-) Gewinnung der Ressourcen (P, N, Wasser und Energie) eine zentrale Rolle einnehmen. Die ideale Abwasserbehandlung sollte kostengünstig und energieunabhängig sein, die Siedlungshygiene garantieren, die CO<sub>2</sub>-Bilanz minimieren, die Nährstoffe verwerten und gleichzeitig eine gute Wasserqualität erreichen (Crawford, 2010).

Dieser Modulbericht fokussiert auf die Technologien der dezentralen und zentralen Abwasserreinigung. Selbstverständlich gibt es auch bei der Abwasserableitung in allen relevanten Bereichen neue Technologien. Dazu gehören Bautechnik (z. B. grabenlose Techniken oder Medienkanäle), der bauliche Unterhalt (z. B. Inliner) und die Zustandserfassung (automatische und ferngesteuerte Kamerasysteme). Der aktuelle Stand der Messtechniken für die Erhaltung der Kanalisationen ist im Dokumentationsordner des VSA „Erhaltung der Kanalisationen“ beschrieben (VSA, 2007/2009). Insbesondere die neuen Technologien in der Zustandserfassung machen es möglich, systematisch und mit verhältnismässigem Aufwand die Hausanschlüsse und Liegenschaftsentwässerungen zu kontrollieren.

Viele dieser neuen Technologien ermöglichen es, den Werterhalt und die Unterhaltsmassnahmen gezielter und kostengünstiger zu gestalten. Grundsätzliche Änderungen hinsichtlich des Gesamtsystems sind aber durch die technischen Neuerungen nicht zu erwarten. Kritische Punkte bleiben aber die Qualitätssicherung der eingesetzten Materialien, Bautechniken und die benötigten Fachkenntnisse.

Neben der dominierenden Schwerkraftentwässerung stehen auch Vakuumsysteme und Drucksysteme zur Verfügung. Beide Technologien sind technisch entwickelt und können bei Bedarf eingesetzt werden. Es ist im Moment kein Trend zu einem vermehrten Einsatz dieser Alternativen zu erkennen.

## 2. Reinigungsverfahren

Kern der konventionellen Abwasserreinigung ist die biologische Stufe mit einer mechanischen Vorbehandlung, bestehend aus Rechen oder Sieb zur Abtrennung der Grobstoffe und dem Öl-, Fett- und Sandfang. Das Ziel der biologischen Reinigung ist je nach Einleitbedingungen der Abbau der organischen Stoffe, die Umwandlung des fischtoxischen Ammoniums in Nitrat (Nitrifikation) sowie die Elimination von Stickstoff (Denitrifikation). Bei mittleren und grossen Anlagen wird der biologischen Stufe eine Sedimentation der suspendierbaren organischen Stoffe vorgeschaltet (Vorklärbecken) und gleichzeitig der Schlamm der Vorklärung und der biologischen Stufe gemeinsam anaerob stabilisiert (Schlammfäulung) zur Volumenreduktion und Biogasproduktion. Da die natürliche Inkorporation von Phosphor in die Bakterien meist nicht genügt, wird die biologische Stufe ergänzt mit einer chemischen Phosphatfällung und bei noch strengeren Einleitbedingungen eine Flockungsfiltration nachgeschaltet zur Entfernung der suspendierten Stoffe und des Restphosphats im Ablauf der Biologie. Die chemische Phosphatfällung kann auch weitgehend ersetzt werden durch eine biologische Fixierung des Phosphats in Bakterien mit Polyphosphatspeicherung (Gujer, 1999).

In der Schweiz ist das *Belebtschlammverfahren* mit suspendierter Biomasse das häufigste Verfahren und wird meistens in grossen Kläranlagen eingesetzt. Bei diesem Verfahren wird Schlamm, der viele verschiedene Mikroorganismen enthält, mit dem Abwasser vermischt. Bei den *Biofilmverfahren* wachsen die Mikroorganismen auf einer Oberfläche, wobei die Art der Oberfläche fast beliebig sein kann. Sie wurden traditionellerweise eher in kleinen Kläranlagen (Tropfkörper, Tauchtropfkörper) und heute bei überlasteten Anlagen (Wirbelbett, Fux *et al.*, 1999) oder bei wenig Platzbedarf (Festbett oder Biofiltration) eingesetzt. Die stürmische Entwicklung in Mess- und Regeltechnik hat dazu geführt, dass heute Biofilmverfahren auch in grösseren Kläranlagen eingesetzt werden und eine direkte ‚Konkurrenz‘ zu den Belebtschlammverfahren darstellen.

Die biologischen Verfahren erlauben die Nitrifikation und die Denitrifikation (Abbildung 1). Die Nitrifikation ist die Oxidation von Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) zu Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) und Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) durch aerobe autotrophe Bakterien. Die Denitrifikation ist die Umwandlung von Nitrit und Nitrat in molekularen Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) durch anoxische heterotrophe Bakterien. Wegen der Übereinkommen zum Schutz des Rheins und der Nordsee<sup>1</sup> wird die Nitrifikation und die Denitrifikation meistens in der Deutschschweiz (Rheineinzugsgebiet) durchgeführt. In der Romandie wird oft nur der Abbau der organischen Verunreinigungen (BSB-Abbau) und bei geringer Abwasserverdünnung in Fließgewässern die Nitrifikation durchgeführt<sup>2</sup>.

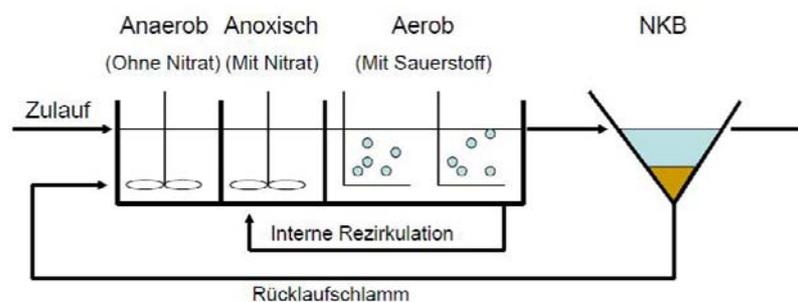


Abbildung 1: Schema der biologischen Reinigung durch Belebtschlamm, wie sie in der Schweiz meistens durchgeführt wird (aus Siegrist, 1999). Das anaerobe Becken dient der Elimination des Phosphors und wird nur gebaut, wenn der Phosphor biologisch entfernt wird. Im anoxischen Becken findet die Denitrifikation mit BSB-Abbau statt. Im aeroben Becken finden die Nitrifikation und der restliche Teil des Kohlenstoffabbaus statt. NKB steht für Nachklärbecken.

Für die Phosphorelimination gibt es zwei Hauptverfahren: Das biologische Phosphorverfahren verwendet Bakterien, die Phosphor als Polyphosphat einlagern und damit in der Biomasse akkumulieren. Es wird in der Schweiz nur selten gezielt eingesetzt. Häufiger wird der Phosphor durch eine chemische Fällung entfernt<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01295/01307/index.html?lang=de>

<sup>2</sup> Hansruedi Siegrist, Eawag

<sup>3</sup> Hansruedi Siegrist, Eawag

Die neuen Technologien im Bereich der Abwasserreinigung wurden im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts „NEPTUNE“ sowie im BAFU-Projekt MicroPoll zwischen 2006 und 2010 untersucht<sup>4</sup>. Die folgenden Abschnitte basieren u. a. auf den Resultaten des „NEPTUNE“-Projekts.

## 2.1. Anaerobe Ammoniumoxidation

Die autotrophe anaerobe (sauerstofffreie) Oxidation des Ammoniums mit Nitrit zu elementarem Stickstoff (siehe dazu auch Abbildung 2) durch spezialisierte Mikroorganismen ermöglicht eine ressourceneffiziente Stickstoffelimination<sup>5</sup>. Im Vergleich zur konventionellen Denitrifikation können hohe Eliminationsraten mit geringem Energieverbrauch und ohne organisches Substrat erzielt werden. Weitere Vorteile sind: Verminderung von Treibhausgas, Verminderung der Klärschlammmenge und Verminderung von Kosten (Fux and Siegrist, 2004; NEPTUNE, 2010). Das Verfahren funktioniert aber nur mit hohen Ammoniumkonzentrationen, so dass es insbesondere für die Entstickung von Faulwasser (Überstand und Zentrat nach der Faulung des Klärschlammes) in Frage kommt.

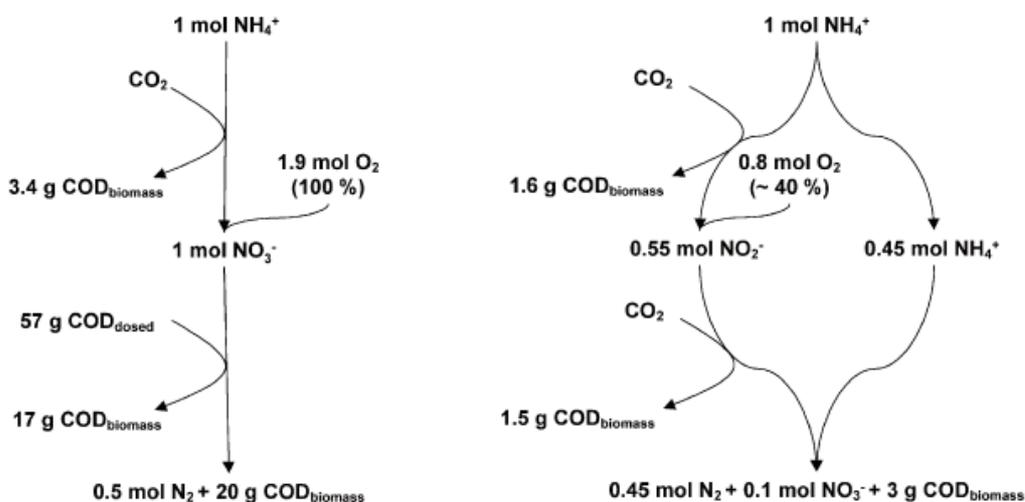


Abbildung 2: Vergleich zwischen der traditionellen Nitrifikation/Denitrifikation (Links) und der partiellen Nitrifikation mit anaerober Ammoniumoxidation (Rechts). Aus Fux et al. 2002

Das Verfahren ist heute allgemein bekannt. Vor allem das einstufige Verfahren wird aber in naher Zukunft vermehrt in den Kläranlagen zum Einsatz kommen<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> [http://www.eu-neptune.org/index\\_EN](http://www.eu-neptune.org/index_EN)

<sup>5</sup> Das Verfahren ist auch als Anammox (Anaerobe Ammonium Oxidation) – ein üblicherweise zweistufiges Verfahren – oder als PNAA (Partielle Nitritation und anaerobe Ammoniumoxidation) – ein an der Eawag entwickeltes einstufiges Verfahren – bekannt.

<sup>6</sup> Hansruedi Siegrist, Eawag

## 2.2. Membranfiltration, Membran-Belebungsanlage (MBR)

Bei der Membranfiltration unterscheidet man zwischen unterschiedlichen Porengrössenklassen: Mikrofiltration (1 - 0.1  $\mu\text{m}$ ), Ultrafiltration (0.1 - 0.01  $\mu\text{m}$ ), Nanofiltration (0.01 - 0.001  $\mu\text{m}$ ) und Umkehrosmose (0.001 - 0.0001  $\mu\text{m}$ ) (Joss and Siegrist, 2002). Die Membranfiltration ergibt, ausser bei der Mikrofiltration, ein praktisch keimfreies Permeat (Ablaufwasser), das abhängig vom Verfahren als Trinkwasser, für die Toilettenspülung oder für die Bewässerung verwendet werden kann. Die Membranfiltration ist aufwendig und muss oftmals auch mit weiteren Verfahren gekoppelt werden, z. B. um organische Verunreinigungen zu reduzieren oder die hygienische Qualität sicherzustellen (Stabilisierung)<sup>7</sup>.

Eine Variante der Membranfiltration ist die Membran-Belebungsanlage (MBR). In der MBR ersetzt die Membranfiltration das Nachklärbecken für die Abtrennung der suspendierten Biomasse. Die Vorteile einer MBR sind die hohe Qualität des Ablaufs, die Möglichkeit, die biologische Reinigungsleistung weitgehend kontrollieren zu können, die hervorragende Skalierbarkeit und die kompakte Bauweise. Von Nachteil sind die höheren Kosten und der erhöhte Energieverbrauch. Das Verfahren ist insbesondere in Gebieten mit erhöhten Anforderungen an die Reinigungsleistung und für Kleinkläranlagen interessant und wird bereits in der Praxis eingesetzt.

## 2.3. Elimination von Mikroverunreinigungen

Die Elimination der Spurenstoffe stellt eine aktuelle Herausforderung in der Abwasserreinigung dar. Verschiedene Methoden können die Spurenstoffe eliminieren (Abegglen *et al.*, 2011). Die drei besten effizientesten Methoden sind die Ozonung, die Adsorption auf Aktivkohle und die Membranfiltration (Abbildung 3). Derzeit sind einige Pilotanlagen zur Elimination von Mikroverunreinigungen in Betrieb.

---

<sup>7</sup> Hansruedi Siegrist, Eawag

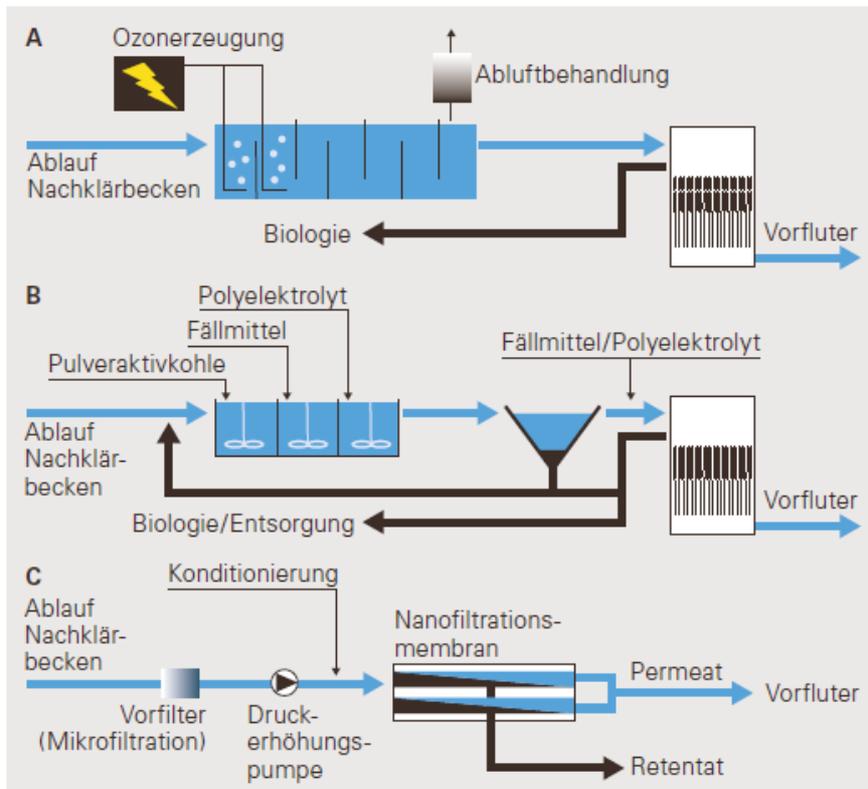


Abbildung 3: Verfahren zur Spurenstoffelimination aus Abegglan et al. (2009).  
 A. Ozonung. B. Pulveraktivkohle. C. Nanofiltration

### 2.3.1. Ozonung

Durch die Ozonung werden die Spurenstoffe oxidiert. Sie ermöglicht somit eine schnelle Verminderung der Spurenstoffkonzentration, wobei die Spurenstoffe aber nicht vollständig mineralisiert werden. Es gibt bisher keine Hinweise darauf, dass dadurch die Toxizität erhöht würde; aber es kann auch nicht ausgeschlossen werden. Die Ozonung erhöht die Kosten der Abwasserreinigung um 10-20% und führt zu einem Mehrverbrauch an Energie (Abegglan et al., 2009).

### 2.3.2. Pulveraktivkohle

Die Adsorption der Spurenstoffe auf Aktivkohle ist effizient aber langsam (Stunden bis Tage), daher sollte die Aufenthaltszeit der Pulveraktivkohle (PAK) im Kontakttank einige Tage betragen. Zur Zeit wird untersucht, dies durch Rückführung der sedimentierten PAK in den Kontakttank zu realisieren. Im Moment wird dabei insbesondere untersucht, wie hoch die PAK-Dosierung sein soll, wie diese optimal in eine bestehende Anlage integriert werden kann und wie gut der PAK-Rückhalt sein muss. Des Weiteren wird die Zuführung eines Teils der sedimentierten PAK in das Belebungsbecken untersucht. Die

PAK wird dann mit dem Überschussschlamm abgetrennt. Die zusätzlichen Kosten der Spurenstoffadsorption auf Pulveraktivkohle dürften ein bisschen höher als die der Ozonierung ausfallen, es ist dafür aber auch das einzige Verfahren, das die Mikroverunreinigungen tatsächlich entfernen kann<sup>8</sup> (Abegglen *et al.*, 2009).

### 2.3.3. Filtration durch dichte Membran (Nanofiltration und Umkehrosmose)

Diese Methode vermag die Mikroverunreinigungen vom Hauptstrom abzutrennen, hat aber eine Reihe von Nachteilen: Das Verfahren ist aufwendig und energieintensiv wegen des hohen Transmembrandrucks, die Filter müssen oft gereinigt werden und es entsteht ein Retentat. Dieses enthält all die abgetrennten Stoffe, macht typischerweise 20-25% der gesamten Abwassermenge aus und muss nachher gereinigt und entsorgt werden. Das Permeat könnte von der Qualität her als Trinkwasser verwendet werden. Die Filtration durch dichte Membran ist für die Schweiz im Allgemeinen nicht interessant. Sie könnte aber durch die Trinkwasserproduktion oder Grundwasserinfiltration für Länder interessant sein, in welchen ein Mangel an Wasser herrscht (Abegglen *et al.*, 2009).

### 2.3.4. Ferratzugabe

Die Zugabe von Ferrat ( $\text{FeO}_4^{2-}$ ) zum Abwasser wurde im Rahmen des NEPTUNE-Projekts erforscht (Boon *et al.*, 2010; NEPTUNE, 2010). Das Ferrat ermöglicht die Oxidation von verschiedenen Mikroverunreinigungen. Zusätzlich wird das Phosphat mit Hilfe von Ferrat aus dem Abwasser entfernt. Bisher wurde die Ferratzugabe nur im Labor getestet, die Methode ist aber bereit für einen Test in einer Pilotanlage. Nachteil des Ferrats sind jedoch die hohen Herstellungskosten. Das Verfahren ist zurzeit viel teurer als die Ozonung, die Kosten könnten aber durch Massenproduktion in Zukunft vermindert werden.

## 2.4. Hygienisierung

Die Hygienisierung des gereinigten Abwassers wird in der Schweiz und in Europa noch kaum durchgeführt, ausser eventuell bei Einleitung oberhalb einer Badezone. Verschiedene Verfahren existieren, um das Abwasser zu hygienisieren: Die Chlorung des Abwassers wird in der Schweiz wegen der Bildung von Nebenprodukten und aufgrund des Geruchs nicht mehr durchgeführt. Sie wird nur in gewissen Fällen eingesetzt, z. B. wenn ein Unfall geschieht und eine rasche Hygienisierung nötig ist. Heute wird vor allem die UV-Bestrahlung eingesetzt. Die Hygienisierung durch Ozonung könnte in Zukunft vermehrt durchgeführt werden, da sie gleichzeitig die Behandlung der Mikroverunreinigungen erlaubt<sup>9</sup>. Nachteil der chemischen Verfahren (Ozonung und Chlorung) ist, dass die Mikroorganismen unterschiedlich resistent sind. Um z. B. eine 99-prozentige Inaktivierung der Mikroorganismen zu erhalten, benötigt man  $0.02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$  Ozon für *E. coli*,  $0.5\text{-}0.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$  Ozon für *Giardia intestinalis* und ungefähr  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$  Ozon für *Cryptosporidium sp.* (Gunten, 2010).

<sup>8</sup> Dies gilt natürlich nur, wenn der Schlamm einer thermischen Verwertung zugeführt und nicht in der Landwirtschaft ausgebracht wird.

<sup>9</sup> Hansruedi Siegrist, Eawag

In München haben die Behörden entschieden, die mikrobiologische Qualität der Isar durch die Abwasserhygienisierung zu verbessern. Die Münchner Anlagen sowie weitere Kläranlagen im Einzugsgebiet der Isar wurden mit UV-Licht-Desinfektionsanlagen ausgestattet, wodurch die Nutzung der Isar als Badegewässer ermöglicht wurde. Die Baukosten der Desinfektionsanlagen betragen ca. 12.5 Mio. Euro und die laufenden Kosten liegen bei ca. 1,5 Cent je Kubikmeter Abwasser<sup>10</sup>.

### 3. Schlammbehandlung

In der Schweiz darf der Klärschlamm seit 2006 wegen seiner hohen Belastung mit organischen Schadstoffen und Schwermetallen nicht mehr in der Landwirtschaft verwendet werden. Der Klärschlamm muss seitdem verbrannt und die Asche entweder deponiert oder dem Zement beigemischt werden. Als Konsequenz ist die weitergehende Schlammbehandlung in der Kläranlage aufgrund der hohen Kosten und dem fehlenden Nutzen in vielen Fällen nicht mehr attraktiv. Neue Technologien, z. B. die Schlammintegration, werden in der Schweiz nur bei betrieblichen Problemen eingesetzt.

In den folgenden Abschnitten werden lediglich einige ausgewählte, auf die Biogasverwertung und Schlammmineralisierung spezialisierte Technologien vorgestellt. Es wird aber kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, da insbesondere die grosse Palette an allgemeinen thermischen Behandlungsmethoden (Verbrennung) den Rahmen dieses Berichtes sprengen würde.

#### 3.1. Energieproduktion

Aus dem Abwasser kann Energie in Form von Wärme, Gas oder Strom gewonnen werden. Die direkteste Methode ist dabei die Nutzung des Wärmegehaltes im Abwasser, dessen Temperatur das ganze Jahr bei 10-20°C liegt. Durch eine Wärmepumpe ist es möglich, den Abwasserstrom für Heiz- und Kühlzwecke zu nutzen. Dies lohnt sich vor allem in dicht besiedelten Gebieten mit grösseren Kanälen und ist in der Regel bewilligungspflichtig.

Die im Abwasser enthaltene chemische Energie treibt den biologischen Reinigungsprozess an. Die restliche Energie ist im Schlamm gebunden. Dieser kann in der Faulung zu Faulgas umgewandelt und/oder in der thermischen Verwertung zurückgewonnen werden. Faulgas enthält hauptsächlich Methan (CH<sub>4</sub>) und rund 35% Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und kann entweder verstromt oder zu Biogas aufbereitet werden. Die anaerobe Faulung erzeugt auch eine geringere Schlammproduktion als die aerobe Stabilisierung und damit geringere Schlammentsorgungskosten.

---

<sup>10</sup> <http://www.muenchen.de/Rathaus/bau/wir/mse/isar/100261/index.html>

### 3.1.1. Brennstoffzelle

Die Brennstoffzelle ist potentiell das attraktivste Verfahren, um mit hohem Wirkungsgrad Elektrizität zu produzieren. Die gängigen Brennstoffzellen basieren auf einer Redoxreaktion zwischen molekularem Wasserstoff ( $H_2$ ) und molekularem Sauerstoff ( $O_2$ ). Dazu muss in einer vorherigen Reaktion das Methan ( $CH_4$ ) in Wasserstoff umgewandelt werden (Dampfreforming). Die Technologie profitiert von den Forschungsbemühungen in der Automobilindustrie. Das Verfahren befindet sich noch in der Forschungsphase und hat Potenzial, nach erfolgreicher Entwicklung auch Anwendung in Kläranlagen zu finden.

### 3.1.2. Biogas

Das Biogas kann analog zu Erdgas (Methan) entweder für Wärme- und Stromproduktion oder auch direkt als Brennstoff verwendet werden. Faulgas enthält aber zu viel  $CO_2$ , um es direkt als Biogas verwenden oder ins Erdgasnetz einspeisen zu können. Das  $CO_2$  muss also aus dem Biogas durch Adsorption, Gaspurifikation,  $CO_2$ -Verflüssigung oder Membrantrennung entfernt werden (Dirkse, 2010). Die Biogasaufbereitung wird hauptsächlich in grösseren Kläranlagen eingesetzt (z. B. ARA Bern).

### 3.1.3. Blockheizkraftwerk (BHKW)

Ein Blockheizkraftwerk produziert Elektrizität und Wärme. Der gesamte Energieumsatz liegt bei ca. 90%, davon können rund 30% als elektrischer Strom genutzt werden (Dirkse, 2010). Die Wärme wird vor allem für die Erwärmung des Faulturms eingesetzt. Typischerweise besitzen Kläranlagen ein Überangebot an Wärme, insbesondere wenn man noch den Wärmegehalt des Abwassers berücksichtigt.

## 3.2. Hochtemperatur-Pyrolyse

Unter Pyrolyse versteht man die Zersetzung der organischen Stoffe durch Wärme unter Sauerstoffausschluss. Bei Klärschlamm ist es möglich, eine Pyrolyse bei  $1200^\circ C$  durchzuführen. Diese Pyrolyse resultiert in der Produktion von Gas und Asche. Das Gas besteht zu 85% aus Kohlenmonoxyd ( $CO$ ) und Wasserstoff ( $H_2$ ). Der Rest ist Kohlendioxid und Methan. Das Gas kann für die Energieproduktion verwendet werden. Im Gas ist auch ein grosser Anteil der Schwermetalle enthalten, welche separiert werden müssen. Die Asche enthält 6-9% Phosphor. Da die meisten Schwermetalle im Gas enthalten sind, kann die Asche als Düngemittel für die Landwirtschaft verwendet werden. Gemäss der NEPTUNE-Ökobilanz wäre die Pyrolyse aufgrund der damit verbundenen Stromproduktion nachhaltiger als die Verbrennung. Das Verfahren soll noch verbessert werden, um ein Gas mit einer höheren Konzentration an  $CH_4$  zu produzieren, was eine Erhöhung der Energieverwertung erlauben würde (NEPTUNE, 2010). Derzeit befindet sich das Verfahren noch in der Forschungsphase.

### 3.3. Polymerproduktion aus dem Klärschlamm

Eine etwas exotische Verwertung von Klärschlamm ist die Produktion von Polymeren. Das Ziel ist die Produktion von PHA (Polyhydroxyalkanoat) aus Klärschlamm. PHA könnten als biologisch abbaubarer Ersatz für die konventionellen Kunststoffe dienen. Mit der Polymerproduktion ist es zusätzlich möglich, Nährstoffe und Energie wiederzuverwerten. Das Verfahren wird in Boon *et al.* (2010 (2)) beschrieben: Die suspensiven organischen Stoffe des Klärschlammes werden zuerst durch eine thermische Hydrolyse unter Hochdruck gelöst. Anschliessend werden flüchtige Fettsäuren durch eine Fermentation produziert. Diese flüchtigen Fettsäuren werden dann als Kohlenstoffquelle für das Wachstum von Bakterien, die PHA akkumulieren, verwendet. Am Ende müssen die PHA durch ein Lösungsmittel und eine Zentrifugation gewonnen werden. Das Verfahren bedarf noch weiterer Entwicklung und wurde bisher nur im Labor getestet.

### 3.4. Bioelektrochemische Systeme (BES)

BES (auch Mikrobielle Brennstoffzellen oder „Microbial Fuel Cell“ genannt) ermöglichen die direkte Umwandlung der im Abwasser oder Klärschlamm enthaltenen chemischen Energie in elektrische Energie (Boon *et al.*, 2010). Sie erlauben also die Verwertung der im Klärschlamm enthaltenen Energie. BES bestehen aus einer Anode und einer Kathode (Abbildung 4). Die Bakterien oxidieren die organischen Stoffe an der Anode und leiten die Elektronen an die Anode weiter. Die Elektronen werden von dort an die Kathode geleitet, was in einem elektrischen Strom resultiert.

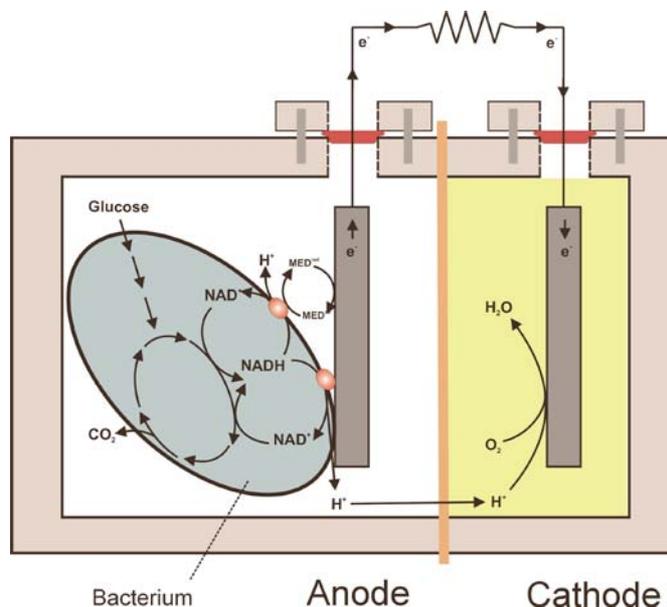


Abbildung 4: Schema eines bioelektrochemischen Systems aus Rabaey and Verstraete (2005)

Gemäss der NEPTUNE-Ökobilanz könnten die BES mit der anaeroben Fermentation des Schlammes konkurrieren. Nichtsdestotrotz wurde mit der Zeit eine Verminderung der Leistung beobachtet. Die Kosten der BES sind zudem noch zu hoch. Eine andere Möglichkeit, um BES einzusetzen, würde die Produktion von Wertstoffen wie Natriumhydroxid oder Sulfit bieten. Dieses Verfahren braucht eine zusätzliche Energiequelle, wäre aber finanziell interessant, um Wertstoffe zu produzieren<sup>11</sup>. Derzeit befindet sich das Verfahren noch in der Forschungsphase.

### 3.5. Rückgewinnung des Phosphors

In der Schweiz wird Phosphor meistens durch chemische Fällung entfernt und mit dem Klärschlamm entsorgt. Nach der Verbrennung des Klärschlammes ist der Phosphor in der Asche enthalten. Phosphor ist eine beschränkte Ressource mit zentraler Bedeutung für unsere Ernährung. Die P-Fracht im Abwasser entspricht rund 40% des im Jahre 2000 in der Schweiz verwendeten Phosphatdüngers (Udert, 2002). Eine Rückgewinnung dieses essentiellen Elementes könnte also der Schonung der globalen Ressourcen dienen. In der Abwasserentsorgungskette gibt es verschiedene Punkte, an denen Phosphor potentiell zurückgewonnen werden kann (Abbildung 5).

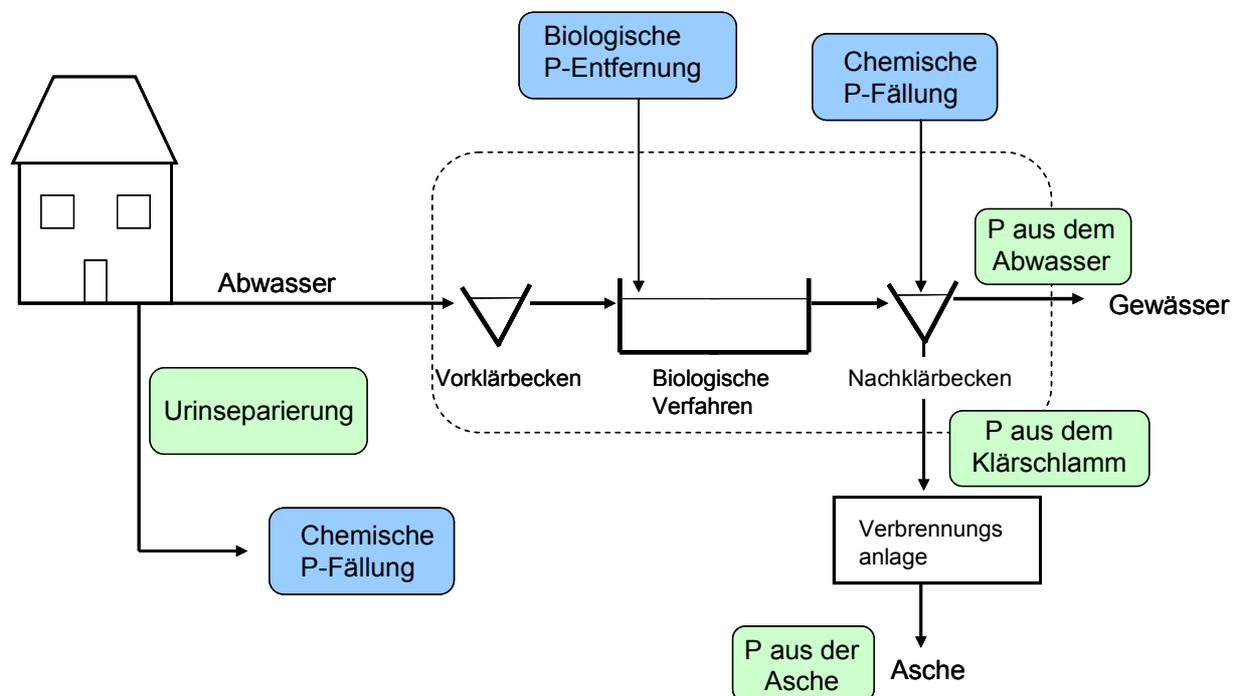


Abbildung 5: Standorte der möglichen Phosphorbehandlung im Abwasserprozess. Grün sind die Standorte, wo Phosphor verwertet werden kann. Blau sind technische Verfahren, um Phosphor aus dem Abwasser zu entfernen. Adaptiert aus Thalmann (2003).

<sup>11</sup> Hansruedi Siegrist, Eawag

Die verschiedenen Verfahren, um P aus dem Klärschlamm zurückzugewinnen, werden detailliert in Thalmann (2003) und Hermann (2009) beschrieben. Die Fällung/Kristallisation ist derzeit die einzige Lösung, die technisch ausgereift ist und ein gutes Düngeprodukt liefert. Bei geeigneten Randbedingungen (hohe Phosphatkonzentrationen, Betriebsvorteile) und hohen Rohstoffpreisen (z. B. im Jahr 2007) kann Phosphatrückgewinnung aus Abwasser bereits wirtschaftlich realisiert werden.

Im Zuge der geplanten Totalrevision der TVA (Vernehmlassung geplant im Jahr 2012) sollen „die Inhaber phosphorreicher Abfälle (Abwasser/Klärschlamm, Tiermehl, Knochenmehl) verpflichtet werden, Phosphor aus diesen Abfällen zurückzugewinnen oder die Entsorgung so zu gestalten, dass eine Rückgewinnung von Phosphor zu einem späteren Zeitpunkt möglich ist. Letzteres bedeutet, dass die Abfälle in einer Monoverbrennungsanlage thermisch behandelt werden und die resultierende Asche in einem Zwischenlager oder einem separaten Deponiekompartiment bis zur möglichen Rückgewinnung zwischengelagert wird. Mit der TVA-Revision ist auch die Finanzierung zu prüfen, welche den Bau solcher Phosphorrückgewinnungsanlagen zumindest anfangs unterstützen. Es sind hier verschiedene Finanzierungsmodelle denkbar (vorgezogene Entsorgungsgebühr auf Phosphorreiche Abfälle, Abgabe auf Mineraldünger etc.).“ (BAFU, 2011)

Der Kanton Zürich hat ein Projekt zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammasche gestartet (AWEL, 2012).

### *3.5.1. Fällung und Kristallisation*

Phosphor kann in der ARA direkt aus dem Abwasser gewonnen werden. Dort liegt der Phosphor zu meist in einer leicht löslichen Form vor. Nachteilig ist aber, dass die P-Konzentration im Abwasser sehr niedrig ist, was entsprechende Anforderungen an die Verfahren stellt. Die effizienteste Methode ist dabei die Nutzung eines biologischen Prozesses, in dem in einem separaten Tank das Phosphat aufkonzentriert und in einer reinen Form ausgefällt werden kann<sup>12</sup>.

Der Vorteil der Kristallisation im Vergleich zur Fällung ist das reine Endprodukt der Kristallisation. Phosphor kann mithilfe von Calcium als Calciumphosphat gefällt werden. Diese Methode resultiert in einer guten Düngemittelqualität, braucht aber entweder eine Entkarbonatisierung, um eine Konkurrenz mit der Fällung der Calciumcarbonate zu verhindern, oder eine grosse Calciummenge, was unwirtschaftlich ist. Die Fällung des Phosphors als Eisenphosphat wird nicht empfohlen, da Eisenphosphat nicht pflanzenverfügbar und somit kein gutes Düngemittel ist (International Water Association, 2009). Vielversprechend ist die Ammonium-Magnesium-Phosphat-Fällung in Form von Struvit mithilfe eines Magnesiumzusatzes. Struvit ist ein gutes Düngemittel, da es den Phosphor in einer pflanzenverfügbaren Form langsam entlastet. Die Kristallisation wird bereits auf einigen Kläranlagen durchgeführt.

### *3.5.2. Nasschemische Rückgewinnung aus Klärschlamm und -asche*

Die biologische und chemische Phosphorelimination wurde auf Seite 175 beschrieben. Sie ermöglicht die Einbindung des Phosphors in und dadurch auch dessen Aufkonzentrierung im Klärschlamm. Der Phosphor kann dann direkt aus dem Klärschlamm oder nach der Verbrennung aus der Asche wiedergewonnen werden. Nachteilig ist aber, dass der Phosphor mit unerwünschten Verunreinigungen

<sup>12</sup> In der biologischen P-Elimination (Bio-P) kann der Schlamm gezielt dazu gebracht werden, Phosphat rückzulösen. Damit kann unter kontrollierten Bedingungen ein reines P-haltiges Produkt produziert werden.

(Schwermetallen) und zumeist in einer schwer löslichen Form vorliegt. Dadurch werden die Verfahren für die selektive P-Rückgewinnung aufwendig und verlangen z. B. den Einsatz von mineralischer Säure (z. B. Schwefelsäure), hoher Temperatur (bis 200°C) oder hohem Druck. Die P-Rückgewinnung aus Klärschlammasche, welche typischerweise 5 – 10% Phosphor enthält (Hermann, 2009), ist nur durch eine Monoverbrennung möglich. Die Verfahren werden derzeit im Labormassstab erforscht.

### 3.5.3. Thermochemische Rückgewinnung aus Klärschlammasche

Im Ashdec-Verfahren (Prinzhorn, 2005) wird Klärschlammasche mit Säure und chlorhaltigen Verbindungen versetzt. Schwermetalle werden bei Temperaturen von ca. 950 °C verdampft und mit der Gasphase abgeführt. Das verbleibende Produkt entspricht den Düngemittelkriterien und kann ggf. nach einer Anreicherung mit Phosphor, Stickstoff und Kalium an die Landwirtschaft verkauft werden.

Ein metallurgisches Verfahren ist die Sauerstoff-Schmelzvergasung (Mephrec). Bei ca. 1450 °C werden die in der Asche vorhandenen Phosphatverbindungen in eine pflanzenverfügbare Form überführt. Schwermetalle werden in Form einer Metallschlacke und mit der Gasphase entfernt (z.B. Mephrec-Verfahren, Scheidig et al. 2010). Die thermochemischen Verfahren wurden in Pilotanlagen untersucht.

Eine weitere Möglichkeit zur Phosphatrückgewinnung bietet die Pyrolyse (siehe S. 182). Die Schwermetalle werden während der Pyrolyse mit der Gasphase abgeschieden. Die Asche enthält 6-9 % Phosphor. Das Verfahren wurde im Rahmen des Neptune-Projektes in Pilotversuchen erprobt.

### 3.5.4. Andere Verfahren

Neben der Fällung besteht auch die Möglichkeit der Adsorption von P mittels Ionentauscher. Diese werden im Ablauf der Kläranlage eingesetzt und binden das Phosphat, bis sie gesättigt sind. In der anschliessenden Regeneration kann der Phosphor in konzentrierter Form zurückgelöst und ausgefällt werden (Hermann, 2009).

Eine weitere Möglichkeit bietet die separate Aufbereitung von Urin (Larsen and Maurer, 2011), der rund 50 % der im Abwasser enthaltenen P-Fracht enthält. Die Urinseparation und ihre Vor- und Nachteile werden in Abschnitt 4.2 beschrieben.

## 4. Dezentrale Reinigung und Separierung des Abwassers

Das Abwasser wird heute in der Schweiz in rund 750 ARAs zentral gereinigt. Diese Situation hat ihren Ursprung im Anfang des 20. Jahrhunderts, als das Abwasser aus Gesundheitsgründen schnell aus den Siedlungen entsorgt werden musste (Burian *et al.*, 2000). Das zentrale System birgt, neben vielen Vorteilen, folgende Nachteile (Störmer, 2010):

- Das heutige zentrale System benötigt grosse Wassermengen;
- Gering und stark verunreinigtes Abwasser wird vermischt;
- Das System ist wenig flexibel bei Zu- oder Abnahme des Abwasseranfalls (z. B. aufgrund der Bevölkerungsentwicklung).

Deswegen orientiert sich die Forschung mehr und mehr in Richtung dezentrale Reinigung und Massnahmen an der Quelle. In Deutschland sind diese Ansätze unter dem Begriff ‚Neuartige Sanitärsysteme‘ (NASS) bekannt (DWA, 2008; Dockhorn *et al.*, 2011 in Druck; DWA, 2011, in Vernehmlassung). Dabei werden zwei grundlegende Ansätze verfolgt, um die Grenzen und Möglichkeiten der ‚konventionellen‘ Siedlungsentwässerung zu erweitern:

- Dezentrale Konzepte mit dem Ziel, möglichst weitgehend auf einen aufwendigen und investitionslastigen Transport (Kanalisation) verzichten zu können.
- Trennen und separate Behandlung der Stoffströme, was der Entropie entgegenwirkt und die weitergehende stoffliche und energetische Nutzung der im Abwasser enthaltenen Ressourcen ermöglicht.

Die Vorteile dieser neuen Systeme sind die Wirksamkeit, mit welcher die Nährstoffe und das Wasser verwertet werden können, und die hohe Anpassungsfähigkeit des Abwassersystems an sich ändernde Gegebenheiten (Störmer, 2010).

Besonders weit fortgeschritten ist die dezentrale Abwasserreinigung. International gibt es bereits eine Anzahl von erfolgreichen Projekten. Dezentrale Systeme sind besonders interessant für weniger dicht besiedelten Siedlungen, in wasserarmen Gebieten, bei grossen Planungsunsicherheiten und in schnell wachsenden oder schrumpfenden Städten. Damit eröffnen sich enorm grosse Märkte, z. B. in Indien, China, Mexico oder Südafrika (Störmer, 2010).

In der Schweiz könnten dezentrale Systeme vor allem in Randregionen, dünn besiedelten Gebieten und in Regionen mit hohen Planungsunsicherheiten sowie in Pilotprojekten eingesetzt werden. Allerdings besteht derzeit kein Handlungsbedarf, da die meisten dieser Regionen bereits über eine Infrastruktur zur Abwasserreinigung verfügen<sup>13</sup>.

Die folgenden Abschnitte basieren auf dem Artikel von Larsen and Maurer (2011) und stellen verschiedene NASS-Ansätze vor.

#### **4.1. Toilettentechnik**

Der Toilettentechnik kommt bei der Wahl des Abwassersystems eine zentrale Stellung zu (Dockhorn *et al.*, 2011 in Druck). Im Gegensatz zu den herkömmlichen Toilettensystemen, die auf das Funktionsprinzip der Wasserspülung sowie das Vorhandensein einer Schwemmkanalisation ausgerichtet sind, sind NASS auf den sparsamen Einsatz von Wasser sowie eine Separation der Teilströme (No-Mix) ausgelegt.

Im Wesentlichen stehen heute die folgenden Systeme zur Verfügung:

- a) Wasserlose Urinale zur Erfassung von unverdünntem Urin.
- b) Vakuumtoiletten kommen mit minimalen Spülwassermengen (ca. 0,5-1,2 L) aus und sind in Zügen, Flugzeugen und Schiffen weit verbreitet.
- c) Spültrenntoiletten sind Toiletten, bei denen Urin separat und möglichst unverdünnt erfasst und abgeleitet wird. Die Fäzes werden mittels Wasserspülung abgeführt.

---

<sup>13</sup> Heiko Gebauer, Eawag

- d) Vakuumtrenntoiletten sind Trenntoiletten, in denen die Fäzes per Unterdruck abgeleitet werden.
- e) Bei Trockentoiletten wird vollständig auf den Einsatz von Spülwasser verzichtet.

Obgleich heute bereits Toilettentechniken für den Einsatz im Rahmen von NASS verfügbar sind, sind diese bei weitem noch nicht ausgereift und bedürfen noch weitgehender Entwicklung.

#### 4.2. Urinseparation, NoMix

Urin ist wegen seiner hohen Konzentration an Nährstoffen interessant. Rund 80% des Stickstoffs und 50% des Phosphors im häuslichen Abwasser stammen aus dem Urin (Larsen and Maurer, 2011). Eine Separierung des Urins an der Quelle würde es erlauben, die Nährstoffe zu verwerten. Zusätzlich beinhaltet Urin einen bedeutsamen Anteil der Mikroverunreinigungen. Man unterscheidet zwei Verfahren, um Urin separat zu behandeln: die nicht wassergespülten Toiletten mit Urinseparierung, welche meistens in China verwendet werden; die wassergespülten Toiletten mit Urinseparierung (No Mix), welche der europäischen Variante entsprechen (Abbildung 6).

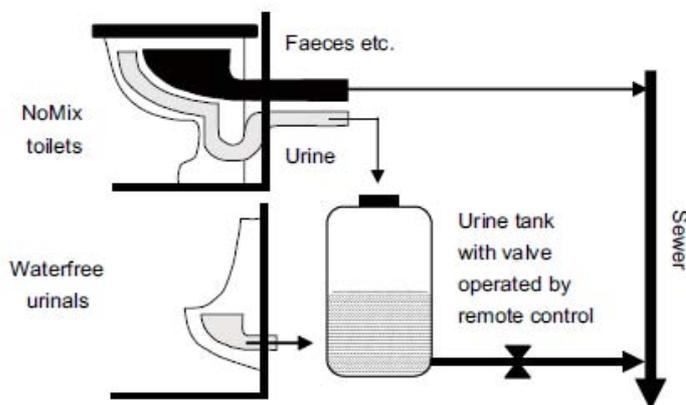


Abbildung 6: NoMix-Toilette und ihr Becken: Zwei verschiedene Kanäle leiten den Urin respektive die fäkalen Stoffe und das Toilettenpapier ab. (Aus Rossi et al. (2009))

Die Separierung des Urins findet in der Bevölkerung breite Akzeptanz, solange der Komfort nicht vermindert wird (Lienert and Larsen, 2003). Die Nutzung von Urin-basiertem Düngemittel wird auch von den Bauern grundsätzlich gut akzeptiert (Lienert et al., 2003). Der Urin könnte entweder im Haus behandelt oder an eine Anlage geleitet werden. In diesem Fall kann der Urin lokal in einem Tank gespeichert und mithilfe eines Lastwagens befördert werden. Alternativ könnte der Urin bei Trockenwetter in der Nacht als konzentrierter Schwall durch die bestehende Kanalisation zur ARA geleitet werden.

Eine ganze Liste von für die Urinbehandlung verfügbaren Verfahren findet sich in Larsen and Maurer (2011). Aufgrund der hohen Konzentrationen im Urin steht eine breite Palette an chemisch-physikalischen und biologischen Prozessen zur Verfügung. Diese sind in der Lage, die Inhaltsstoffe weitgehend zu eliminieren oder bei Bedarf für ein Recycling aufzubereiten. Diese hohe Flexibilität charakterisiert perfekt die Hoffnung, dass sich NASS aufgrund der zusätzlichen Freiheitsgrade besser an zukünftige Veränderungen anpassen können und aus diesem Grund nachhaltiger sind.

Es bedarf aber einer starken Unterstützung der Politik und der Forschung, wenn man die Urinseparierung einrichten möchte<sup>14</sup>. Verfahren zu Kontrolle und Unterhalt der dezentralen Anlagen sind noch nicht genügend entwickelt und müssen ausgearbeitet werden (Larsen *et al.*, 2009).

### **4.3. Separierung von Fäzes und Fäkalien**

Der Anteil der fäkalen Stoffe im Abwasser ist für das hygienische Risiko bedeutsam, da die fäkalen Stoffe den grössten Anteil der Pathogene enthalten. Die separate Behandlung dieses Teils des Abwassers gestaltet sich demnach schwieriger. Bei der Separierung der fäkalen Stoffe unterscheidet man zwischen der Separierung mit Urin (Fäkalien) oder ohne Urin (Fäzes) und zwischen wassergespülten und nicht wassergespülten Toiletten. Die Verfahren für die Behandlung der fäkalen Stoffe hängen stark von der Verdünnung und damit von der Art der Toilette ab.

---

<sup>14</sup> Michele Steiner, WST-21

Zentrales Element der Aufbereitung der fäkalen Stoffe ist die Verminderung der Pathogene. Die Verfahren sind in Larsen and Maurer (2011) beschrieben. Man unterscheidet zwischen den physikalisch-chemischen Verfahren und den biologischen Verfahren. Bei der physikalisch-chemischen Behandlung scheinen die fest-flüssige Separierung auf trockenem Bett und die Verbrennung interessant zu sein. Die biologischen Verfahren sind in aerobe Verfahren, zum Beispiel die thermophile Kompostierung oder die Wurmkompostierung, und in anaerobe Verfahren unterteilt. Die anaeroben Verfahren sind aufgrund der Biogasproduktion aufwendiger und nur für Gebäude mit deutlich mehr als 100 Bewohnern von Bedeutung. Analog den Verfahren für die Urinaufbereitung bestehen lediglich Erfahrungen im low-tech Bereich (Entwicklungsländer). Hier besteht ebenfalls noch ein beträchtlicher Entwicklungsbedarf. Es ist zu erwarten, dass diese Entwicklung angesichts der globalen Hygieneprobleme und im Zuge der Aktivitäten zur Erreichung der Millennium-Development Goals<sup>15</sup> (UN, 2010) in den nächsten Jahren geschehen muss.

#### 4.4. Separierung des Grauwassers

Mit 100 Litern pro Tag und Einwohner stellt das Grauwasser den grössten Anteil des Abwasseranfalls dar. Das Ziel ist es, Grauwasser zu separieren und dezentral aufzubereiten, so dass die Rückgewinnung des Wassers möglich wird. Das gereinigte Grauwasser kann für die Toilettenspülung oder die Bewässerung verwendet werden. Es ist auch möglich, Grauwasser so zu reinigen, dass es Trinkwasserqualität erreicht. Die lokale Aufbereitung und Wiederverwendung von Grauwasser ist insbesondere in wasserknappen Gebieten interessant.

Die Verfahren zur Behandlung des Grauwassers sind detailliert in Larsen and Maurer (2011) beschrieben. Bedeutsam sind die physikochemischen und die biologischen Verfahren. Der Vorteil eines physikochemischen Verfahrens ist die höhere Resilienz gegenüber toxischen Stoffen und Betriebschwankungen. Die biologischen Verfahren besitzen den Vorteil, dass die organischen Stoffe stabilisiert werden und das Risiko für Bakterienbefall reduziert wird. Eine vielversprechende Kombination ist das MBR-Verfahren (siehe oben).

Für Gebäude gibt es, entsprechend den mittlerweile im Energiebereich weit verbreiteten Zertifizierungen (z. B. Minergie), international Anstrengungen für eine Zertifizierung von Wassersparmassnahmen in Gebäuden (LEED<sup>16</sup>). Dies kann ein grosser Treiber für die Anwendung von Grauwasserseparierung und Grauwasseraufbereitungstechnologien sein.

---

<sup>15</sup> <http://www.un.org/millenniumgoals/>

<sup>16</sup> LEED = Leadership in Energy and Environmental Design (USA), siehe [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)

## 5. Automatisierungstechnik (EMRSL<sup>17</sup>)

### 5.1. Abwasserreinigung

Der Fortschritt in der Automatisierungstechnik (EMRSL) hat in der Abwasserreinigung zu fundamentalen Veränderungen geführt. Zum einen ermöglichen sie den sicheren Betrieb komplexerer Verfahren (z. B. SBR, Biofilmverfahren) und haben damit die Palette an verfahrenstechnischen Optionen stark erweitert. Zum anderen ermöglichen sie das gezielte Ausreizen betrieblicher Reserven (z. B. simultane Denitrifikation durch temporäre Reduktion der Sauerstoffkonzentrationen). Es ist zu erwarten, dass die Automatisierung der Messungen in Zukunft noch zunehmen wird. Als Konsequenz steigen auch die Anforderungen an die Fachkenntnisse der Anlagebetreiber, die die Messresultate für die entsprechenden Verfahren korrekt interpretieren müssen<sup>18</sup>. Das ist heute nicht immer der Fall, z. B. beim Anammox-Verfahren, bei dem es möglich ist, alles automatisiert zu überwachen, das Betriebspersonal aber oft nicht über genügend technische Kenntnisse verfügt, um korrekt zu reagieren.

Mess- und Regeltechnik in Kombination mit Fernüberwachungstechnologie erleichtert den organisatorischen Zusammenschluss von Anlagen, ohne dass diese zwingend physisch zusammengelegt werden müssen. Dies ist bedeutend, da die Qualität der Abwasserreinigung insbesondere vom Know-how des Betriebspersonals abhängig ist. Grosse Betriebe haben dabei Vorteile. Die noch unbefriedigende Qualität der Sensoren und deren Zuverlässigkeit verhindern momentan jedoch noch den uneingeschränkten Einsatz von zuverlässigen Fernüberwachungstechnologien.

Die Möglichkeit, Anlagen zuverlässig zu überwachen, ist für den flächigen Einsatz dezentraler Kleinkläranlagen von zentraler Bedeutung. Nur wenn ein professioneller Betreiber die Reinigungsleistung sämtlicher Kleinkläranlagen in seinem Einzugsgebiet garantieren kann, können solche Systeme von den Kantonen auch bewilligt werden. In diesem Zusammenhang ist die Kopplung robuster Messtechnik und Sensoren mit sogenannten „Smart Meters“ oder „Smart Grids“ besonders interessant.

Smart Metering wurde ursprünglich für die Elektrizitätswirtschaft entwickelt. Es ermöglicht einerseits die Kontrolle des Stromverbrauchs in Echtzeit, ist aber auch in der Lage, Daten und Impulse (z. B. Tarifänderungen) von der Versorgungszentrale zu empfangen (Hargreaves *et al.*, 2010). Die Technologie wird zunehmend auch in der Gas- und Trinkwasserversorgung verwendet<sup>19</sup>. Z. B. sind 80% der italienischen Haushalte mit ‚Smart Meters‘ ausgerüstet (Faruqui *et al.*, 2010). Es ist zu erwarten, dass die Smart Meter auch in der Schweiz häufiger eingesetzt werden. In Lausanne<sup>20</sup> und Zürich<sup>21</sup> existieren Pilotprojekte. In Europa ist es das Ziel, ca. 80% der Haushalte bis 2020 an das Smart Grid anzuschliessen (Faruqui *et al.*, 2010). Es wird auch erwartet, dass die Smart Meter in Zukunft häufiger für

---

<sup>17</sup> EMSRL= Elektro-, Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechnik

<sup>18</sup> Hansruedi Siegrist, Eawag

<sup>19</sup> Heiko Gebauer, Eawag

<sup>20</sup> <http://www.lausanne.ch/view.asp?DocId=35055>

<sup>21</sup> [http://www.stadt-zuerich.ch/ewz/de/index/netz/smart\\_metering.html](http://www.stadt-zuerich.ch/ewz/de/index/netz/smart_metering.html)

die Kontrolle des Wasserverbrauchs verwendet werden. Damit steht die Technologie für ein bidirektionales Kommunikationsnetz zur Verfügung, das den zentralen Betrieb eines Kleinkläranlagenparks erlaubt. Damit kann nicht nur sichergestellt werden, dass diese Anlagen überwacht werden, sondern es können auch Betriebs- und Unterhaltskosten reduziert werden.

## 5.2. Kanalisation

Entwicklungen in der Messtechnik, Datenübertragung und Datenauswertung versprechen auch eine verbesserte Überwachung der Kanalnetzbewirtschaftung und der Mischwasserentlastungen. Dazu gehören neue hochaufgelöste Methoden zur Regenmessung<sup>22</sup> oder Glasfasertechnologien, die online Defekte in der Kanalisation identifizieren können. Die Messmethoden sind aber eher interessant für den optimalen Betrieb als für Routine-Inspektionen. Diese Messmethoden sind noch in einem sehr frühen Forschungs- und Entwicklungsstadium und es ist auch noch unklar, wie weit diese den Betrieb und Unterhalt der Kanalisation tatsächlich revolutionieren können. Sicherlich werden in den nächsten Jahren mehrere Anlagen mit Sensoren ausgestattet werden. Ein Problem bei der Einrichtung der Sensoren im öffentlichen Entwässerungssystem ist die Stromversorgung, weil die Sensoren zumeist ausserhalb der Stadt liegen und eine mobile Stromversorgung anfällig für Vandalismus ist<sup>23</sup>.

## 6. Entwicklungstendenzen und Empfehlungen

Bei der Abwasserableitung gibt es zwar in allen relevanten Bereichen Innovationen. Grundsätzliche Änderungen im Hinblick auf das Gesamtsystem sind aber durch die technischen Neuerungen nicht zu erwarten.

Die Abwasserreinigung wird massgeblich in drei Bereichen beeinflusst:

- a) *Membrantechnologien* erlauben es, die Leistung der Abwasserreinigung weitgehend zu kontrollieren. Ausserdem kann mit dieser Technologie eine gute Skalierbarkeit gewährleistet werden, so dass auch Kleinstanlagen mit eindrucklichen Reinigungsleistungen aufwarten können.
- b) *Mess- & Regeltechnik und Fernüberwachung* haben einen tiefgreifenden Wandel in der Kläranlagentechnik bewirkt. Sie erlauben die Implementation komplexerer Verfahren und die Nutzung dynamischer Kapazitätsreserven, so dass weniger statische Reserven gebaut werden müssen. Ausserdem ermöglichen diese Technologien auch die organisatorische Neugestaltung, so dass die Regel 1 ARA = 1 Organisation in Zukunft nicht zwingend mehr gelten muss.

---

22

[http://www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/urbane\\_einzugsgebiete/urban\\_rainfall\\_monitoring/index\\_EN](http://www.eawag.ch/forschung/sww/schwerpunkte/urbane_einzugsgebiete/urban_rainfall_monitoring/index_EN)

<sup>23</sup> Jörg Rieckermann, Eawag

- c) *Elimination von Mikroverunreinigungen* wird in den nächsten Jahren die Kläranlagentechnik stark beeinflussen. Die Integration einer bestimmten Eliminationstechnologie erfordert zumeist auch die Anpassung der anderen Anlageteile (z. B. Nitrifikation für die Ozonung). Mittelfristig werden die Technologien zur Elimination von Mikroverunreinigungen nicht einfach angehängt, sondern eng in die verfahrenstechnische Ausgestaltung einer Anlage integriert.

Im Gegensatz zur globalen Situation ist in der Schweiz das Recycling des Wassers nicht von Bedeutung, da es keine Wasserknappheit gibt. Ebenfalls spielt die Rückgewinnung anderer Ressourcen nur eine untergeordnete Rolle. Damit fehlen in der Schweiz wichtige Treiber für grundsätzliche technische Innovationen im Abwasserbereich.

Dies wird sich deutlich bei der Schlammbehandlung zeigen. Neben dem politischen Druck gibt es nur schwache Gründe, eine weitergehende Schlammbehandlung in der Abwasserentsorgung zu etablieren. Neue Schlammbehandlungsverfahren wie die Pyrolyse des Klärschlammes oder die Polymerproduktion aus dem Klärschlamm werden sich in der Schweiz kaum etablieren.

*Neuartige Sanitärtechnologien (NASS)* versprechen durch grundlegende Veränderungen im Umgang mit Abwasser Verbesserungen in der Effizienz und Effektivität. Dabei werden zwei grundlegende Ansätze verfolgt: (i) Dezentrale Konzepte mit dem Ziel, möglichst weitgehend auf eine aufwendige und investitionslastige Kanalisation verzichten zu können. (ii) Trennen und separate Behandlung der Stoffströme, was die weitergehende stoffliche und energetische Nutzung der im Abwasser enthaltenen Ressourcen ermöglicht. Innovationen in diesem Bereich sprechen vor allem einen globalen Clean Tech Markt an. Es muss damit gerechnet werden, dass in diesem Bereich die Clean Tech Industrie Druck auf die Zulassung solcher Konzepte machen wird.

Auf nationaler Ebene können die folgenden Empfehlungen gemacht werden. Die Auflistung impliziert keine Bewertung oder Priorisierung:

- Die grosstechnische Implementation der *Mikroverunreinigungselimination* löst einen Investitionsschub von rund 1 Mia. Franken aus. Müssen diese z. B. innerhalb von 10 Jahren getätigt werden, dann steigen die Umsätze in dieser Branche um rund 30%. Dies kann schnell dazu führen, dass die bestehenden Strukturen (z. B. Personalmangel) überfordert werden.

T-1: Die Implementation der Mikroverunreinigungstechnologien in die Kläranlagen sollte gestuft über eine längere Zeitperiode ausgelöst werden. Damit kann die Praxis wertvolle Erfahrung sammeln und ausserdem werden die bestehenden Ingenieur-Strukturen nicht überfordert.

## 7. Referenzen

- Abegglen, C., Joss, A., Siegrist, H. (2009). "Spurenstoffe eliminieren: Kläranlagentechnik." Eawag News 67d.
- Abegglen, C.; Beier, S.; Pinnekamp, J.; Mauer, C.; Siegrist, H. (2011). Mikroverunreinigungen. Energieverbrauch und Kosten weitergehender Verfahren auf kommunalen ARA, GWA, 2011, 7, 479-486
- AWEL (2012). Phosphor Mining im Kanton Zürich. Ohne Phosphor kein Leben. Projektblatt Nr. 1. AWEL, Juni 2012.  
[http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/abfall\\_rohstoffe\\_altlasten/rohstoffe/rohstoffe\\_aus\\_abfaellen/naehrstoffe.html](http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/abfall_rohstoffe_altlasten/rohstoffe/rohstoffe_aus_abfaellen/naehrstoffe.html)
- BAFU (2011). TVA-Revision – Normkonzept. Bundesamt für Umwelt. Abteilung Boden. Mai 2011
- Boon N., Brown S., Carballa M., Forrez I., Freguia S., Johansson, P., Karlsson A., Keller J., Lant P., Lee Y., Miladinovic N., Moos, I., Morgan-Sagastume F., Pratt S., Rabaey K., Siegrist H., Verstraete W., von Gunten U., Werker A., Zimmermann S. (2010). New Sustainable Concepts and Processes for Optimization and Upgrading Municipal Wastewater and Sludge Treatment: Work Package 2 Novel Technologies: Deliverable 2.1 Novel Technologies for Wastewater and Sludge Treatment, NEPTUNE.
- Burian, S. J., Nix, S. J., Pitt, R.E., Durrans, S.R. (2000). "Urban wastewater management in the United States: Past, present, and future." Journal of Urban Technology 7(3): 33-62.
- Crawford, G. (2010). Technology Roadmap for Sustainable Wastewater Treatment Plants in a Carbon-Constrained World. WERF.
- Dirkse, E. H. M. (2010). Valorisation du biogaz dans l'utilisation de la technologie DMT TS-PWS®, DMT.
- Dockhorn, T.; Hillenbrand, T.; Langergraber, G.; Londong, J.; Maurer, M.; Niederste-Hollenberg, J.; Steinmetz, H. (2011): Bedarf für Forschung und Entwicklung im Bereich Neuartiger Sanitärsysteme (NASS). Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-1.8 "F+E-Bedarf" im Fachausschuss "Neuartige Sanitärsysteme". KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 58 (2011), H. 7, S. 646-655.
- DWA (2008). DWA-Themenband „Neuartige Sanitärsysteme“. Hennef, DWA.
- DWA (2011, in Vernehmlassung). Arbeitsblatt 272: Grundsätze für die Planung und Implementierung Neu-artiger Sanitärsysteme. Hennef, DWA.
- Faruqui, A., Harris, D., Hledik, R. (2010). "Unlocking the €53 billion savings from smart meters in the EU: How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU's smart grid investment." Energy Policy 38(10): 6222-6231.
- Fux, C. Siegrist, H. (2004). "Nitrogen removal from sludge digester liquids by nitrification/denitrification or partial nitritation/anammox: environmental and economical considerations." Water Science and Technology 50(10): 19-26.
- Gujer, W. (1999). Siedlungswasserwirtschaft. Berlin, Springer-Verlag.
- von Gunten, U. (2010). Oxidation and Disinfection Processes in Water Treatment. Powerpoint presentation.
- Hargreaves, T., M. Nye, et al. (2010). "Making energy visible: A qualitative field study of how householders interact with feedback from smart energy monitors." Energy Policy 38(10): 6111-6119.
- Hermann, L. (2009). Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwassereinigung: Eine Bestandsaufnahme, Bundesamt für Umwelt.

- CEEP (2009). Scope 74. Scope Newsletter No. 74. Centre Européen d'Etudes des Polyphosphates (CEEP). <http://www.ceep-phosphates.org/Newsletter/shwNewsList.asp?NID=3&HID=4>
- Joss, A., Siegrist, H. (2002). "Membranen- Material, Module, Betrieb." Gas Wasser Abwasser (GWA) 1/2002: 7-11.
- Larsen, T. A., Alder, A. C., Eggen, R.I., Maurer, M., Lienert, J. (2009). "Source Separation: Will We See a Paradigm Shift in Wastewater Handling?" Environmental Science & Technology 43(16): 6121-6125.
- Larsen, T. A., Maurer M. (2011). Source Separation and Decentralization. In: Treatise on Water Science. Publisher: Wilderer, P. H.. International Water Association (IWA) Publishing. Elsevier 2011
- Lienert, J., Haller, M., Berner, A., Stauffacher, M., Larsen, T.A. (2003). "How farmers in Switzerland perceive fertilizers from recycled anthropogenic nutrients (urine)." Water Science and Technology 48(1): 47-56.
- Lienert, J., Larsen, T. A. (2003). "NoMix Technologie: Wie gut ist die Akzeptanz." Eawag News 57: 14-17.
- NEPTUNE (2010). New Sustainable Concepts and Processes for Optimization and Upgrading Municipal Wastewater and Sludge Treatment: Final Activity Report, NEPTUNE.
- Prinzhorn, P. (2005). Phosphordünger aus Klärschlammaschen mit thermischer Schwermetallentfrachtung. 75. Darmstädter Seminar Abwassertechnik. Schriftenreihe WAR 167.
- Rabaey, K., Verstraete, W. (2005). "Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation." Trends in Biotechnology 23(6): 291-298.
- Rossi, L., Lienert, J. (2009). "Real-life efficiency of urine source separation." Journal of Environmental Management 90: 1909-1917.
- Scheidig, K. Mallon, J., Schaaf, M. (2010). Zukunftsfähige Klärschlammverwertung. KA Korrespondenz Abwasser Abfall 57 (9): S. 902-915.
- Siegrist, H. (1999). Gestaltung von Belebungsanlagen zur Nährstoffelimination. Nährstoffelimination auf Kläranlagen. VSA. Zürich.
- Störmer, E. (2010). "Zukunftsfähige Lösung gesucht." Umwelt Perspektiven 3-2010: 18-21.
- Thalmann, M. (2003). Literaturrecherche zum Thema Phosphorrecycling. Wädenswil, Hochschule Wädenswil. Semesterarbeit.
- VSA (2007/2009). Erhaltung von Kanalisationen: Richtlinien, Merkblätter und Empfehlungen.

### 7.1. Persönliche Mitteilungen

- Marc Böhler, Gespräch vom 8. April 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Heiko Gebauer, Gespräch vom 24. Februar 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Hansruedi Siegrist, Gespräch vom 14. Februar und 3. März 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Tove Larsen, Gespräch vom 10. Januar 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf
- Michele Steiner, Gespräch vom 10. Januar 2011, WST-21, Technoparkstrasse 1, 8005 Zürich
- Kai Udert, Gespräch vom 3. März 2011, Eawag, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

# Anhang

## **Original Bewertungstabellen der Expertenumfrage der Begleitgruppe vom November 2011**

diskutiert mit der Begleitgruppe am 7. Dezember 2011 am BAFU

Abwasserentsorgung 2025 - Expertenbefragung												Wertebereiche													
												2 bis -2	2 bis 0	2 bis 0											
												2	1	-1	-2	2	1	0	0	1	2				
Sehr wichtige Massnahmen												Wichtigkeit			Dringlichkeit			Geschätzt. Aufwand			Punkte Durchschnitt				
												sehr wichtig	wichtig	wenig wichtig	unwichtig	sofort	bis 2017	2017-	hoch	mittel	tief	Wichtigkeit	Dringlichkeit	Geschätzt. Aufwand	Sensitivität
I-9	Die integrative Betrachtung von Netz und ARA sollte gefördert werden.											9	3	0	0	7	3	1	1	6	1	I-9	1.8	1.5	1.0
	Die Implementation der Mikroverreinigungstechnologien in die Kläranlagen sollte gestuft über eine längere Zeitperiode ausgelöst werden. Damit kann die Praxis wertvolle Erfahrung sammeln und ausserdem werden die bestehenden Ingenieur-Strukturen nicht üb											6	6	0	0	6	4	1	2	2	4				
T-1	Auf Gemeindeebene sollten organisatorische Massnahmen getroffen werden, um die Hausanschlüsse (inkl. Liegenschaftsentwässerung) zu kontrollieren und den Besitzer zu verpflichten, defekte Hausanschlüsse zu ersetzen/sanieren.											6	6	0	0	7	2	2	6	2	0	T-1	1.5	1.5	1.3
P-10	Auf nationaler Ebene sollten Datenmodelle harmonisiert und vereinfacht werden um die Verfügbarkeit von Daten der Abwasserinfrastruktur zu garantieren.											3	9	0	0	3	7	2	3	4	1	P-10	1.5	1.5	0.3
I-2																						I-2	1.3	1.1	0.8

Abwasserentsorgung 2025 - Expertenbefragung															
Wertebereiche															
2 1 -1 -2 2 1 0 0 1 2 2 bis -2 2 bis 0 2 bis 0															
Wichtigkeit	Dringlichkeit			Geschätzt. Aufwand			Punkte Durchschnitt	Wichtigkeit	Dringlichkeit	Geschätzt. Aufwand	Sensitivität				
	sehr wichtig	wichtig	wenig wichtig	unwichtig	sofort	bis 2017						2017-	hoch	mittel	tief
G-4	4	7	1	0	5	4	3	1	5	2	G-4	1.2	1.2	1.1	S1
A-1b	5	5	2	0	7	3	2	2	3	3	A-1b			1.1	1.1 S1
	4	4	2	0	5	2	2	1	2	3		P-7	1.0	1.3	1.3
A-2a	4	6	2	0	3	6	2	5	3	0	A-2a	1.0	1.1	0.4	S2
I-7	4	5	2	0	2	5	5	1	5	2	I-7	1.0	0.8	1.1	S2

**prioritär wichtige Massnahmen (eventuell sehr wichtig)**

G-4 Die Regelwerke zur Regenwasserbehandlung sollten harmonisiert werden.

A-1b Es sollte eine einheitliche und praxisorientierte Versickerungsrichtlinie erarbeitet werden und die Architekten, Landschaftsplaner und Städteplaner sollten zu einem nachhaltigen Umgang mit Regenwasser in der Siedlung systematisch motiviert werden.

P-7 Für den Betrieb der Abwasserinfrastrukturen sollen Leistungskennzahlen entwickelt und veröffentlicht werden.

A-2a Die Spurenstoff-Massenflussströme, die die Eintragspfade von Spurenstoffe in die Umwelt charakterisieren, sollten quantifiziert werden. \*aus abgeleitetem Regenwasser \*aus Kanälen (Mischwasser, Fehlschlüsse, Exfiltration)

I-7 Es sollten Planungswerkzeuge entwickelt und eingesetzt werden, die Aussagen über langfristige Kosten- und Gebührentwicklungen für Kommunen möglich machen.

Abwasserentsorgung 2025 - Expertenbefragung												Wertebereiche		
Kategorie	Beschreibung	Wichtigkeit			Dringlichkeit			Geschätzt. Aufwand			Wichtigkeit	Dringlichkeit	Geschätzt. Aufwand	
		sehr wichtig	wichtig	wenig wichtig	unwichtig	sofort	bis 2017	hoch	mittel	tief				
		2	1	-1	-2	2	1	0	0	1	2	2 bis -2	2 bis 0	2 bis 0
<b>eindeutig wichtige Massnahmen</b>														
H-3	Die Auswirkung (Quantität und Qualität) von fehlerhaften Leitungen in der Siedlungswasserwirtschaft sollte erfasst werden.	2	9	1	0	4	5	3	7	1	0	1.0	1.1	0.1
H-3b	Qualität: Die Auswirkungen von Abwasserfiltrationen auf die Grundwasserqualität sollte beschrieben werden.	3	6	3	0	4	4	4	6	2	0	0.8	1.0	0.3
H-3c	Quantität: Dazu sollten z.B. neue Methoden für die Bestimmung der Abwasserverluste aus der Kanalisation und Massnahmen zur Überprüfung von Fehlfunktionen und Fehlschlüssen entwickelt werden.	4	5	5	0	4	5	3	5	3	0	0.2	1.1	0.4
I-3	Es sollte untersucht werden, ob die im GEP-Musterpflichtenheft vorgeschlagenen Massnahmen auf der Ebene der ARA-Einzugsgebiete greifen und wie sich diese in das vom Bund geförderte Integrale Einzugsgebietsmanagement einfügen.	2	8	1	0	0	7	5	1	4	2	1.0	0.6	1.1
P-5	Es sollten auf kantonaler und nationaler Ebene Anreize zur Förderung des Infrastrukturmanagements geschaffen werden:	1	9	1	0	0	9	2	1	7	0	0.9	0.8	0.9
P-5c	* Aufbau von Weiterbildungsangeboten und verstärkte Kommunikation.	4	5	3	0	2	7	2	2	4	2	0.8	1.0	1.0
P-5b	* Entwicklung von Richtlinien, Leistungsvorgaben und Hilfsmitteln für die Erfolgskontrolle.	2	8	1	1	2	7	2	2	6	0	0.8	1.0	0.8
H-3c	* Entwicklung von Grundlagen, Hilfsmitteln und Strategien für den kommunalen Aufbau von zielorientierten Managementsystemen.	0	0	2	4	4	8	2	4	7	0	0.4	0.9	0.9
I-12	Die Kantone sollen sich für ein einheitliches System zur Massnahmenkontrolle (GEP) in den Gemeinden entscheiden. Die Kontrolle könnte z. B. durch eine Selbstdeklaration der Gemeinde an den Kanton ausgeführt werden.	3	6	3	0	5	4	2	0	5	2	0.8	1.3	1.3
P-3	Es sollten Leistungsvorgaben für die gesamte Siedlungswässerung und Methoden für deren Überwachung entwickelt und eingeführt werden.	2	6	1	1	2	1	5	2	3	0	0.7	0.6	0.6
I-11	Es sollten nationale Empfehlungen und Wegleitungen erarbeitet werden, die die Entscheide über Entwässerungssysteme (z.B. Trenn- oder Mischkanalisation) und die Optimierung der bestehenden Systeme unterstützen.	4	4	4	0	5	2	5	0	7	0	0.7	1.0	1.0
W-1a	Es sollte eine Branchenbeschreibung erstellt und kommuniziert werden, in der die Leistungen der Siedlungswässerung (und der Abwasserbehandlung) dargestellt sind.	3	4	2	1	2	7	1	1	3	2	0.6	1.1	1.2
I-6	Es sollten Anforderungen an den Zustand von Abwasserleitungen und Liegenschaftswässerungen definiert werden.	2	6	2	1	2	5	3	2	4	1	0.5	0.9	0.9
H-1	Es sollte eine aktuelle, einheitliche Regendatenbank angelegt und kontinuierlich gepflegt werden. Enthalten sein sollen alle für die Entwässerungsplanung notwendigen Regendaten, auch Interpolationen (z. B. Isolinien) für Gebiete ohne Regenmessungen, stati	4	4	2	2	2	6	4	3	4	1	0.5	0.8	0.8
W-2	Es sollten einheitliche Methoden und Ausgleichsverfahren zur Umlegung überregionaler, externer Umweltkosten auf den Verursacher geschaffen werden.	3	5	3	1	1	5	6	3	5	0	0.5	0.6	0.6





Eawag  
Überlandstrasse 133  
Postfach 611  
8600 Dübendorf  
Telefon +41 (0)58 765 55 11  
[www.eawag.ch](http://www.eawag.ch)