

## Wasser und Energie – Faktenblatt

Dieses Infoblatt stellt – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einige Fakten zum Thema Wasser und Energie zusammen, primär für die Schweiz, aber auch international.

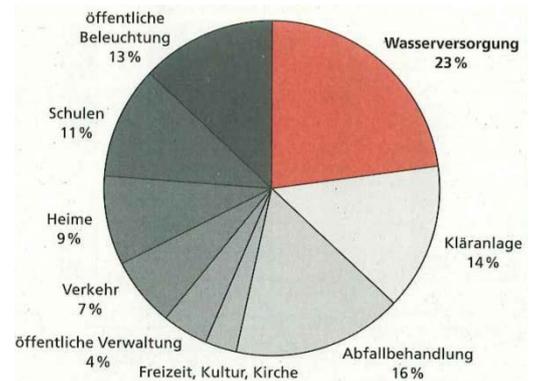
### Wasserkraft

- Der Anteil der Wasserkraft an der weltweiten Stromproduktion beträgt rund 20%, in der Schweiz sind es 56%.<sup>1</sup> (2010: 37.5 TWh von 66.3 TWh Strom Inlandproduktion; entspricht 12% Endverbrauchsanteil unter allen Energieträgern).
- 43% der Wasserkraft in der CH stammt aus Lauf-, 57% aus Speicherkraftwerken.
- Die Nutzung der Wasserkraft führt zu zahlreichen Folgen an und in den genutzten Gewässern – zum Beispiel durch die Unterbrechung des Längskontinuums bei Flüssen, die Beeinflussung des Feststoffhaushalts oder der natürlichen Abflussverhältnisse (Restwassersituationen, Schwall/Sunk etc.). Zu den ökologischen Folgen der Wasserkraftnutzung siehe

>>>separates Faktenblatt: «Wasserkraft und Ökologie» auf [www.eawag.ch/beratung/beratung-wissenstransfer/publikationen-fuer-die-praxis/](http://www.eawag.ch/beratung/beratung-wissenstransfer/publikationen-fuer-die-praxis/)

### Trinkwasser

- Die 3'000 öffentlichen Wasserversorgungen geben in der Schweiz jährlich insgesamt 1 Mrd. m<sup>3</sup> Trinkwasser oder pro Einwohner täglich 355 Liter ab (inkl. Industrie, Gewerbe etc.); das entspricht rund 2% der jährlichen Niederschlagsmenge oder in etwa dem Inhalt des Bielersees.<sup>2, 3, 4</sup>
- Im Privathaushalt beträgt der pro Kopf Verbrauch 162 L pro Tag, rund 30% davon für die Toilettenspülung.<sup>5</sup>
- Für Gewinnung, Aufbereitung und die Verteilung des Trinkwassers verbrauchen die Wasserwerke jährlich gut 0.4 TWh Elektrizität oder rund 0.4 kWh/m<sup>3</sup>, davon weitaus am meisten für das Pumpen.<sup>4</sup>
- Pro Kopf entspricht das einem Verbrauch von gut 50 kWh/Jahr oder einer benötigten Leistung von rund 6 Watt pro Einwohner (bezogen auf den Verbrauch im Privathaushalt rund 3 Watt).
- Unter den öffentlichen kommunalen Aufgaben macht der Elektrizitätsverbrauch für die Wasserversorgung rund 20% aus (siehe Grafik); die Wasserversorgung zählt also zusammen mit den Kläranlagen und der Abfallbehandlung zu den grössten Strombezüglern der Gemeinden.
- Sparpotentiale bestehen in Effizienzverbesserungen, optimaler Bewirtschaftung der Anlagen und der eigenen Stromproduktion (siehe: Chancen). Ein gewisses Potential besteht in der Vermeidung der teils immer noch beträchtlichen Wasserverluste durch Lecks im Netz. Könnten diese schweizweit um 50% reduziert werden, könnten rund 20 GWh/Jahr eingespart werden.
- In anderen Ländern ist der Energieaufwand für die Trinkwasserbereitstellung z.B. durch Membranfiltration deutlich höher. Denn in der Schweiz kann dank der hohen Qualität fast die Hälfte (47 Prozent) des genutzten Grundwassers ohne Aufbereitung ins Versorgungsnetz gespeist werden. 40 Prozent des Grundwassers werden mit einfachen Methoden, zumeist Sandfiltern, aufbereitet. Nur 13 Prozent werden zwei- oder mehrstufig aufbereitet.



Stromverbrauch für öffentliche kommunale Aufgaben (grobe Hochrechnungen 1995)<sup>4</sup>

### Abwasser

- Rund 750 grosse und 3500 kleine Kläranlagen reinigen in der Schweiz jährlich rund 1450 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser, also etwa 200 m<sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr, bezogen auf den Privathaushalt etwa die Hälfte.<sup>6, 7</sup>
- Der Stromverbrauch aller Schweizer ARA beträgt rund 0.5 TWh/a; dazu kommen noch 0.1 TWh fossile Brennstoffe.<sup>8</sup>
- Pro Kopf (Anschlussgrad 97%) entspricht das 66 kWh/a oder einer benötigten Leistung von 7.5 Watt (elektrisch); netto verbrauchen die ARA weniger Strom, weil viele aus Klärgas auch selbst Strom produ-

zieren, insgesamt gut 0.1 TWh. Das ungenutzte Potential ist noch beträchtlich; laut Fachleuten könnte die aktuelle Stromproduktion noch verdoppelt oder verdreifacht werden.<sup>9</sup>

- Mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen mit Ozon steigt der Energiebedarf der ARA um rund 15%\* an<sup>10</sup>, sofern dieser Verbrauch nicht durch Effizienzsteigernde Massnahmen kompensiert werden kann (\*pro Kopf ein Zuwachs von 7.5 auf 9 W).

## Warmwasseraufbereitung

- Weitaus am meisten Energie wird im Bereich Wasser für die Brauchwassererwärmung eingesetzt, in der Schweiz 12.5 TWh/Jahr (davon 2.5 TWh Elektrizität – exkl. Geräte wie Geschirrspüler, Waschmaschinen etc.)<sup>11</sup> Das entspricht einer pro Kopf Leistung von 180 Watt, davon 37 Watt Elektrizität. Spar- und Effizienzmassnahmen, sowie die Substitution von Strom und fossilen Energieträgern durch solare Wärme, Geothermie oder andere neue erneuerbare Energien wirken sich daher hier besonders günstig aus.

## Meerwasserentsalzung / Wasserrecycling

- Energiekonsum für Meerwasserentsalzung: Das heute gängige Verfahren (Umkehrosmose) benötigt rund 4 kWh Energie pro m<sup>3</sup> entsalztes Wasser. Neue Verfahren (Elktrodialyse) kommen mit 1.5 kWh/m<sup>3</sup> aus; die theoretische Untergrenze liegt bei 0.86 kWh/m<sup>3</sup>.<sup>12</sup> Verglichen mit der Meerwasserentsalzung verbraucht die Wiederaufbereitung von Abwasser zu Trinkwasser etwa 60% weniger Energie, da der osmotische Druck des gereinigten Abwassers wesentlich kleiner ist.

## Beeinflussung von Wasser und aquatischen Ökosystemen im Bereich Energie

Nebst der direkten Nutzung der Wasserkraft werden Wasserressourcen und Gewässer auch von anderen Energieproduktionsformen betroffen.

- Gasgewinnung: Bei der Gasgewinnung aus Tongesteinen (Schiefergas) werden grosse Mengen Wasser in den Untergrund gepresst, um die Rissbildung zu fördern. Das teils mit Chemikalien versetzte, zurückfliessende Wasser kann Oberflächen- und Grundwasser belasten. Ähnliches gilt bei der Gruben- oder Flözgasgewinnung; hier ist vor allem die Salzfracht des zurückfliessenden Wassers problematisch.<sup>1314</sup>
- Kühlung: Für Gebäudekühlsysteme, die Kühlung von Generatoren und bei Nuklearanlagen wird vielerorts Fluss- oder Seewasser eingesetzt. Das kann zu einer unnatürlichen Erwärmung der Gewässer und zur Veränderung der Gewässerfauna führen. In der Schweiz gilt die Regelung, dass Kühlwassereinleitungen Flüsse insgesamt und nach voller Durchmischung nicht um mehr als 3°C (in der Forellenregion max. 1,5°C) erwärmen dürfen und dass das Flusswasser nie über 25°C warm sein darf.<sup>15</sup> In heissen Sommern oder bei anhaltenden Niedrigwasserperioden – beides Szenarien, die mit dem Klimawandel voraussichtlich zunehmen – müssen Kraftwerke abgestellt werden.
- Biotreibstoffe: Wird z.B. aus Mais oder Raps Treibstoff (Ethanol, Biodiesel) gewonnen, fällt vor allem der Wasserbedarf für die Bewässerung der Kulturen ins Gewicht (Verhältnis Wasser zu produziertem Treibstoff rund 500:1) sowie allfällige Dünger- und Pestizideinträge.<sup>1617</sup> Schätzung des weltweiten zusätzlichen Frischwasserbedarfs für Biokraftstoffe bis 2030: 1000 – 1900 km<sup>3</sup>.<sup>18</sup>

## Graue Energie

In den Infrastrukturen zur Wasserversorgung und Abwasserreinigung steckt Energie, die beim Bau und der Gewinnung der Rohstoffe investiert werden musste. Ein grobes Mass geben die folgenden Finanzzahlen aus 34 OECD-Ländern:

- Investitionen für Wasseraufbereitung, Verteilung und Entsorgung, Bedarf 2007-2025: US\$ 1040 Mrd/Jahr; effektiv investiert aktuell US\$ 580 Mrd<sup>19</sup>;

In der Schweiz:

- Der Wiederbeschaffungswert der Schweizer Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung wird auf 218 Mrd. Franken geschätzt. Allein die Abwasserentsorgung umfasst ein Kanalisationssystem von 87000 km Länge, 750 Gross- und über 3000 Kleinkläranlagen.<sup>20</sup> Rechnet man überschlagsmässig und vorsichtig mit 400 MWh grauer Primärenergie pro Mio. CHF und einer Lebensdauer der Anlagen von 50 Jahren, ergibt sich ein jährlicher Anteil für die graue (Primär-)Energie von 1,7 TWh oder 220 kWh pro Kopf (bzw. 25 W Leistung). Ein direkter Vergleich dieser grauen Primärenergie mit dem Stromkonsum für den Betrieb der Anlagen ist nicht statthaft. Dennoch liegt in einer besseren Planung und Dimensionierung der Anlagen künftig sicher noch ein Potential.

## Chancen

### Energiegewinnung

- Abwasserwärme: Relativ warmes Abwasser-, Grund- oder Seewasser wird via Wärmepumpen auch zur Heizung verwendet. Das Wärmepotential aus Abwasser in der Schweiz wird auf 300 Megawatt (40W Primärenergie pro Einwohner) geschätzt. Das würde den Wärmebedarf von 200'000 Einfamilienhäusern decken<sup>21</sup> bzw. rund 3 % der in der Schweiz verbrauchten fossilen Brennstoffe substituieren. Ein kleiner Teil des Potentials wird bereits heute genutzt, in gut 20 realisierten Anlagen, die dem gereinigten Abwasser – vor allem beim Auslauf der Kläranlage (ARA) – Wärme entnehmen und mit Wärmepumpen Heizwärme produzieren. In Zürich-Wipkingen werden über einen Nahwärmeverbund 800 Wohnungen mit Wärme aus Rohabwasser beheizt. In Schlieren (ZH) versorgt Wärme aus dem Abwasser das Postzentrum Zürich-Mülligen, im Endausbau wird der Wärmeverbund Schlieren jährlich 5 Millionen Liter Heizöl ersetzen oder umgerechnet 9000 Minergie-Wohnungen versorgen. Die Eawag hat untersucht, wie der Wirkungsabfall (Biofilmbewuchs) von Wärmetauschern im Abwasser verringert werden kann.
- Trinkwasserkraftwerke: In Wasserversorgungsnetzen kann zur Druckreduktion Strom produziert werden. Aktuell existieren gut 100 Trinkwasserkraftwerke in der Schweiz. Das Bundesamt für Energie schätzt das schweizweit ungenutzte Potenzial auf 0.06 TWh (könnte rund 20000 Haushalte versorgen).
- Spezialfall Methangewinnung aus dem Kivusee: Im Kivusee (Ruanda und Republik Kongo) lagern rund 60 km<sup>3</sup> Methan – das würde es ermöglichen, über 50 Jahre eine Leistung von 300 MW abzugeben. Erste Pilotkraftwerke laufen. Die Eawag ist in die Überwachung der Methanföderung und der Stabilität der Seeschichtung involviert, denn ein unkontrollierter Ausbruch der Gase (nebst dem Methan lagern auch rund 300 km<sup>3</sup> Kohlendioxid im See) könnte verheerende Folgen haben.

### Verbessertes Wassermanagement

- Energie für Pumpen und Aufbereitungsschritte kann gespart werden, wenn mit (Trink)wasser und im speziellen Warmwasser haushälterisch umgegangen wird und wenn Lecks im Verteilsystem vermieden werden. Die Gemeinde Gordola (Tessin) z.B. konnte in ihrer Wasserversorgung dank eines Projektes mit Begleitung durch die Eawag rund 120000 kWh jährlich sparen und auf einen geplanten Ausbau der Reservoirs verzichten.<sup>22</sup> Ausserdem hat Gordola einen haushälterischen Umgang mit Wasser gefördert, u.a. mit progressiven Tarifen oder Sperrzeiten und koordinierte Planung für wasserintensive Nutzungen (z.B. die Befüllung von Swimming Pools)
- Grosse Einsparungen sind bei der Bewässerung möglich, wo z.B. durch Tröpfchenbewässerung der Wasserverbrauch massiv gesenkt werden kann, weil die Verdunstungsverluste gegenüber dem Sprengen reduziert werden. (Vergleich: In der USA werden weniger als 7% aller Flächen „intelligent“ bewässert, in Israel bereits über 60%.<sup>23</sup>)
- Wasserintensive Betriebe (Gärtnereien, Nassholzlager etc.) können statt mit Trinkwasser mit Fluss-, See-, oder an Ort gesammeltem Regenwasser versorgt werden, wenn dessen Qualität für die entsprechenden Aufgaben auch genügt.

### Verbesserte Energieeffizienz

- Dank neuer Verfahren konnte der Energieaufwand für die Meerwasserentsalzung von rund 8 kWh/m<sup>3</sup> (1980) auf unter 2 kWh/m<sup>3</sup> gesenkt werden.
- An der Eawag untersuchte Verfahren mit der schwerkraft getriebenen Wasserreinigung durch Membranen könnten eine Chance sein, aus belastetem Rohwasser (See- oder Flusswasser) mit wenig Energieaufwand Trinkwasser herzustellen.
- Die Energieeffizienz von Kläranlagen, vor allem der Energieaufwand für die Belüftung, konnte in den letzten Jahren stark verbesserte werden: z.B. Nutzung des Anamox-Prozesses bei der Faulwasser-Entstickung<sup>24</sup>; Nährstoffrecycling und Düngerproduktion durch Luftstripping<sup>25</sup>; Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Abwasserreinigung – v.a. von Lachgas (N<sub>2</sub>O)<sup>26</sup>
- Warmwasserbereitung mit Solarenergie. Kühlung mit Solarenergie. Wärmedämmung von Warmwasserspeicher und –Leitungsnetz.

September 2011

Kontakt: Andri Bryner, Medienverantwortlicher Eawag, [medien@eawag.ch](mailto:medien@eawag.ch); 058 765 51 04

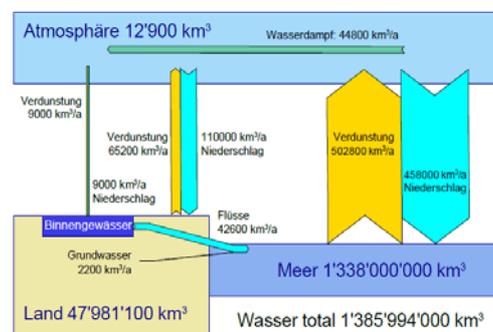
Webseite EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen des Bundesamtes für Energie:

<http://www.bfe.admin.ch/infrastrukturanlagen/>

## Anhang:

### Globaler Wasserkreislauf

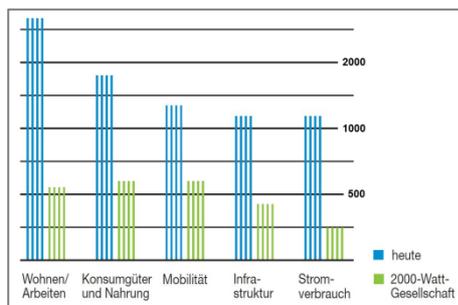
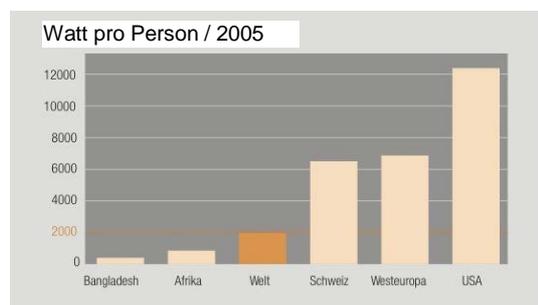
Die jährliche Verdunstung von 577'000 km<sup>3</sup> Wasser erfordert rund 422 Mio. TWh Energie. Zum Vergleich: Der Gesamtenergieverbrauch aller Menschen beträgt ca. 130'000 TWh/Jahr. Neben der Verdunstung (und Verfrachtung) in der Atmosphäre ist Wasser noch an der Zirkulation zwischen den Weltmeeren beteiligt. Dieser gigantische Massen- und Wärmeaustausch wird geprägt durch Erwärmung und Abkühlung, Verdunstung und Kondensation von oberflächennahem Wasser. Massgebend ist dabei dessen Temperatur- und Salzgehalt-abhängige Dichte. Wie viel Energie sich weltweit (ohne relevante Störung des Systems) aus Meeresströmungen, Wellen und Gezeiten gewinnen liesse, wurde bisher nicht abgeschätzt. Prototypen von Kraftwerken sind in Betrieb, jedoch noch nicht wirtschaftlich.



Der globale Wasserkreislauf<sup>1</sup>.

### Energiezahlen 2000-Watt-Gesellschaft zum Vergleich:

(Primärenergie, ohne Importe via Produkte und Dienstleistungen)



<http://www.novatlantis.ch/2000-watt-gesellschaft/vision.html>

Ungefähre Aufteilung der Leistungen CH / / UGZ Stadt Zürich; 2007;

## Quellen

- 1 Gesamtenergiestatistik 2010, BFE: [http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier\\_id=00763](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00541/00542/00631/index.html?lang=de&dossier_id=00763)
- 2 Statistische Erhebungen der Wasserversorgungen in der Schweiz, Ausgabe 2010, SVGW
- 3 Wasserversorgung 2025 – Vorprojekt, Eawag (Hrsg.) 2009
- 4 Energie in der Wasserversorgung; Ratgeber zur Energiekosten und Betriebsoptimierung. Bundesamt für Energie und SVGW, 2004
- 5 Wasserverbrauch im Haushalt, SVGW, Bafu Infoblatt 2001
- 6 Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung. Maurer M. Herlyn A., Eawag, Bafu (2006)
- 7 Bafu: <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01295/index.html?lang=de>
- 8 Energie in ARA, Leitfaden zur Energieoptimierung auf Abwasserreinigungsanlagen, VSA, 2008
- 9 Erneuerbare Energien in der Schweiz – Potential (ARA, KVA, WV) und politische Weichenstellungen, Kernen M., Müller E.A.; gwa 3/2006
- 10 Ozonung von gereinigtem Abwasser, Schlussbericht Pilotversuch Regensdorf, Eawag/Bafu 2009
- 11 BFE 2010: Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2009, nach Verwendungszwecken
- 12 <http://www.desware.net/desa4.aspx>
- 13 [http://www.elementsmagazine.org/toc/toc\\_v7n3.pdf](http://www.elementsmagazine.org/toc/toc_v7n3.pdf) (article by Gregory et al.)
- 14 <http://waterquality.montana.edu/docs/methane/cbmfqa.shtml>
- 15 Anhang 3.3. Schweizer Gewässerschutzverordnung, SR 814.201
- 16 Energy Demands on Water Resources; Report to Congress; U.S. Department of Energy; December 2006;
- 17 [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=12039](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12039)
- 18 CAOBISCO Brüssel 2007;
- 19 Les infrastructures à l'horizon 2030; OECD 2007
- 20 Maurer M. Herlyn A. (2006) Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung.
- 21 Eawag 2009 : Wärmerückgewinnung aus Abwasser (Wanner et al.)
- 22 <http://www.eawag.ch/medien/bulletin/20100107/index>
- 23 <http://ga.water.usg.gov/edu/irdrip.html> und [http://www.businessweek.com/technology/content/dec2005/tc20051230\\_495029.htm](http://www.businessweek.com/technology/content/dec2005/tc20051230_495029.htm)
- 24 [http://www.eawag.ch/forschung/eng/schwerpunkte/abwasser/nitrations\\_anammoxprozess](http://www.eawag.ch/forschung/eng/schwerpunkte/abwasser/nitrations_anammoxprozess)
- 25 <http://www.eawag.ch/forschung/eng/schwerpunkte/abwasser/luftstrippung>
- 26 [http://www.eawag.ch/forschung/eng/schwerpunkte/abwasser/dynamik\\_lachgasemissionen](http://www.eawag.ch/forschung/eng/schwerpunkte/abwasser/dynamik_lachgasemissionen)