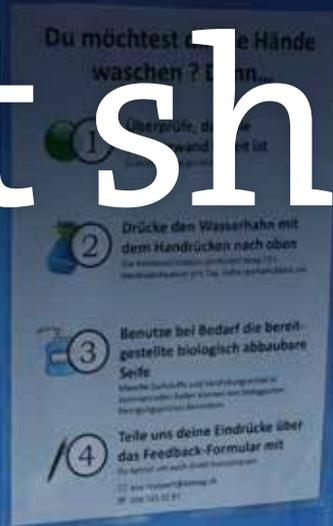


fact sheet

Eawag
Das Wasserforschungsinstitut
des ETH-Bereichs

Februar 2021



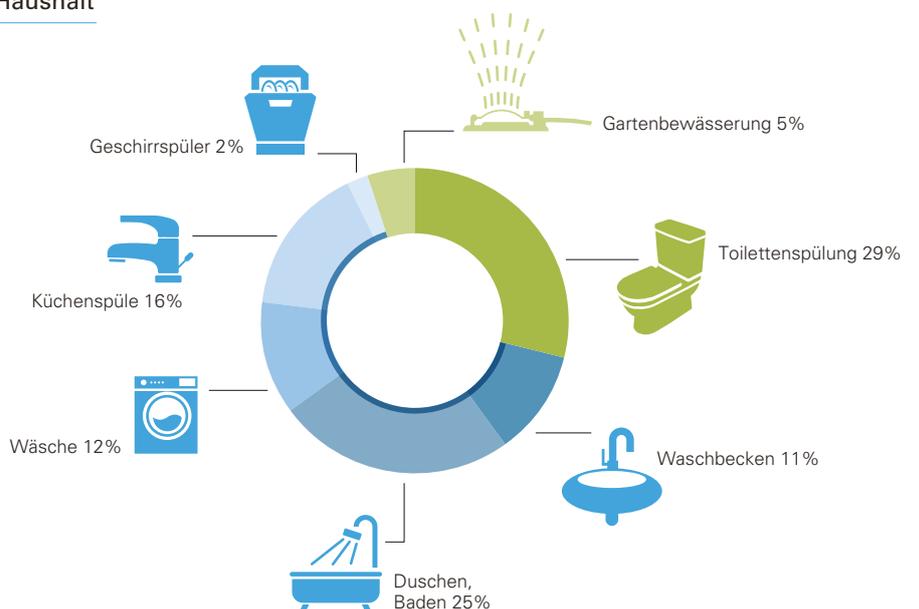
Grauwasser

Grauwasser ist nur leicht verschmutztes Abwasser. Es stammt aus Duschen, Bädern, Handwäsche, Waschmaschine, Geschirrspüler und den Küchenspülen und war deshalb nie direkt mit Kot in Berührung. In Schweizer Haushalten macht Grauwasser etwa 70% des anfallenden Abwassers aus. Nach einer angemessenen Behandlung kann Grauwasser sicher für die Toilettenspülung oder Bewässerung wiederverwendet werden. Mit einer weitergehenden Behandlung lässt sich die Qualität und damit das Potenzial zur Wiederverwendung von Grauwasser weiter erhöhen.

Aufteilung des Wasserverbrauchs im Haushalt

142 

Pro Person und Tag werden in einem Schweizer Haushalt durchschnittlich 142 Liter Wasser verbraucht. Die Grafik zeigt die anteilmässige Aufteilung des daraus anfallenden Abwassers: Total 66% gelten als Grauwasser (Blautöne in der Grafik). [5]



Die meisten handelsüblichen Grauwasseraufbereitungssysteme stellen Wasser für die Toilettenspülung und Gartenbewässerung zur Verfügung. An der Eawag erforschen und testen wir einfache und zuverlässige Technologien mit dem Ziel, Wasser zu produzieren, das sicher ist für die Wiederverwendung in Waschmaschinen, zum Duschen oder zum Händewaschen.

Die **Grundbehandlung** besteht typischerweise aus einer Partikelentfernung und einer biologischen Behandlung, z.B. mit Wirbelbett-Biofilmreaktoren, Membranbioreaktoren oder Pflanzenkläranlagen [1]. Eine Wiederverwendung nach einer Grundbehandlung ohne weitergehende Hygienisierung darf nur erfolgen, wenn ein Kontakt mit Menschen sicher vermieden werden kann.

Die **weitergehende Behandlung** zielt darauf ab, behandeltes Grauwasser für eine breitere Anwendung herzustellen, z.B. für Waschmaschinen. Dazu müssen Farbe, Geruch und der biologisch abbaubare organische Kohlenstoff weitgehend entfernt werden. Sobald Menschen direkt oder indirekt mit dem wiederverwendeten Wasser in Kontakt kommen, muss zudem die Behandlung auch die Hygiene gewährleisten. Die erweiterte Behandlung kann aus einer Kombination von Partikelabscheidung, biologischer Behandlung, Membranfiltration, Adsorption, Desinfektion (z.B. mit UV-Licht oder Chlor) bestehen [1].

Aufbereitung und Wiederverwendung von Grauwasser als Brauchwasser können in verschiedenen Grössenordnungen erfolgen; direkt an der Quelle, z.B. in einer Handwaschstation, oder für ein ganzes Gebäude, wo Grauwasser im Keller aufbereitet und anschliessend für Toilettenspülungen, Waschmaschinen oder die Bewässerung von Gärten verwendet wird.

Chancen

Ob eine Wiederverwendung von Grauwasser sinnvoll ist oder nicht, hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab:

- **Wasserknappheit:** Die Nutzung von behandeltem Grauwasser reduziert den Frischwasserbedarf, was natürlich vor allem dort vorteilhaft ist, wo Frischwasser begrenzt verfügbar ist oder Wasserknappheit herrscht. Bezogen auf die Verhältnisse in der Schweiz lässt sich der Wasserverbrauch um einen Drittel reduzieren, wenn behandeltes Grauwasser für Toilettenspülung und Bewässerung verwendet wird. Wird Grauwasser nach der weitergehenden Behandlung auch für weitere Anwendungen wie Duschen oder Wäsche waschen wiederverwendet, kann der Trinkwasserverbrauch um bis zu zwei Drittel reduziert werden. Die Möglichkeiten der Wiederverwendung steigen mit der Grauwasserqualität. Dazu untersuchen Forschende im experimentellen NEST-Gebäude von Empa und Eawag verschiedene Technologien.
- **Zuverlässige Wasserquelle zur Bewässerung grüner Infrastruktur oder zur Verdunstungskühlung:** Grüne Infrastrukturen wie Gründächer, bewachsene Wände und zusätzliche Bäume können dazu beitragen, Hitzeinseln in Städten zu verhindern. Das verbessert die Umweltqualität im Freien und senkt den Energieverbrauch. Behandeltes Grauwasser ist eine zuverlässige, ganzjährig verfügbare Wasserquelle dafür.

- **Wasserverfügbarkeit bei fehlender Wasserversorgungs- oder Abwasserentsorgungsinfrastruktur:** Manchmal ist nicht die allgemeine Verfügbarkeit von Süsswasser, sondern die Infrastruktur für den Transport von Süss- und Gebrauchtwasser begrenzt. Handwaschstationen in Hüttensiedlungen oder Flüchtlingslagern (z.B. die Wasserwand in der Eawag Autarky Toilette) oder Waschbecken in Zügen oder Flugzeugen sind Beispiele, wo Wasser ohne Infrastruktur zur Verfügung gestellt wird. Im Fall der Zugtoiletten reduziert das Recycling Aufwand und Kosten für die Lagerung von Frisch- und Gebrauchtwasser sowie für das Befüllen und Entleeren der Tanks.

- **Wärmerückgewinnung:** Grauwasser ist deutlich wärmer als übliches Haushaltsabwasser. Wird es aufbereitet, wird die Wärmerückgewinnung vereinfacht, da die verbesserte Wasserqualität die Verschmutzung in Wärmetauschern reduziert.

Herausforderungen

- **Hygiene:** Jede Art der Wiederverwendung von Wasser muss die Hygiene gewährleisten. Welchen Standard man erreichen möchte, hängt u.a. ab von der gewählten Behandlungstechnologie, dem Betrieb des Systems, dessen Kontrolle und Wartung, aber auch von der geeigneten Art der Wiederverwendung.

- **Vorschriften und rechtliche Rahmenbedingungen:** In der Schweiz gibt es keine Richtlinie, die Wasserqualitätsanforderungen für die Wiederverwendung von Grauwasser festlegt. Es gibt eine Verordnung für Trinkwasser sowie für Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen [2]. Länder wie Deutschland, Australien, Singapur oder die USA haben Richtlinien, die Grauwasserbehandlungstechnologien und spezifische Wasserqualitätsanforderungen für den Innen- (hauptsächlich Toiletten) und Aussenbereich beschreiben. Einen internationalen Konsens gibt es nicht (siehe Box).

- **Technologien und Monitoring:** Technologien müssen unter praktischen Bedingungen getestet werden, um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten. Das NEST-Gebäude ermöglicht dies. Behandlungssysteme müssen überwacht werden, um im Falle einer Fehlfunktion frühzeitig zu warnen. Derzeit gibt es keine Online-Sensoren, die kostengünstig, robust und auf Haushaltsebene einsetzbar sind, um eine unzureichende Wasserqualität zu erkennen. Daher werden im NEST-Gebäude neue Ansätze für die Überwachung von Behandlungs- und Verteilungssystemen erforscht. Komplexe Technologien können auf Haushaltsebene funktionieren, wenn das System der Benutzerin oder dem Benutzer Rückmeldungen liefert – vergleichbar mit einer Waschmaschine, die über die notwendige Reinigung eines Filters informiert. Zudem muss das lokale System in ein umfassendes Service- und Überwachungsnetz integriert sein (ähnlich wie eine Gas-Zentralheizung).

- **Management:** Ein Grauwasserrecycling muss in das Gesamtmanagement der Siedlungswasserwirtschaft integriert werden. Änderungen des Wasserbedarfs – durch Wasserspareinrichtungen, verändertes Nutzerverhalten und Grauwasserrecycling – haben Auswirkungen auf das gesamte

System. Reduzierte Durchflüsse und erhöhte Konzentrationen von Feststoffen können zu Betriebsstörungen in der Kanalisation führen. Verschiedene Ansätze zur Reduktion des Frischwasserverbrauchs können miteinander konkurrieren. Es müssen Strategien entwickelt werden, wie das System mit kombinierten zentralen und dezentralen Prozessen optimiert werden kann.

- **Kosten:** In der Schweiz und in den meisten europäischen Ländern sind die Kosten für die Grauwasseraufbereitung noch höher als die dank der Wiederverwendung möglichen Einsparungen. Wie oben gezeigt, kann es jedoch auch andere Motivationen geben. Darüber hinaus fördern in einigen Ländern Nachhaltigkeitszertifikate (z.B. Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)

Kein internationaler Konsens

Es gibt keine internationalen Richtlinien zur Grauwasserwiederverwendung. Einzelne Staaten haben eigene Vorschriften, andere gar keine.

Schweiz: In der Schweiz gibt es die TBDV Richtlinie für Trinkwasser sowie für Bade- und Duschwasser in öffentlichen Anlagen [2]. Diese Richtlinien enthalten Grenzwerte für biologische und chemische Parameter. Derzeit gibt es jedoch keine Richtlinien für die Wiederverwendung von Grauwasser.

Deutschland: Die DWA-Richtlinie M277 [1] definiert spezifische Wiederverwendungszwecke mit zwei Kategorien von Wiederverwendung (C1: Toilettenspülung im Privathaushalt, C2: für Toilettenspülung, Bewässerung von Kulturen und Zierpflanzen sowie Waschmaschinen).

USA: In den USA variieren die Richtlinien von Staat zu Staat. Ein Bericht der Umweltbehörde [9] fasst die verschiedenen Anforderungen an die Wiederverwendung von Wasser zusammen. Ein neuer Bericht der Wasserforschungstiftung WERF [6] schlägt einen risikobasierten Ansatz vor für die dezentrale Wiederverwendung von nicht trinkbarem Grauwasser. Er ist strenger als die derzeitigen Anforderungen in vielen Staaten.

oder Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) die Wiederverwendung von Wasser im Gebäudebereich.

- **Bewertung der örtlichen Gegebenheiten:** Für jede Situation müssen die Herkunft des Wassers und die Art der Wiederverwendung bewertet werden. Es gibt keine Standardlösung, die überall anwendbar ist. Soll die Grauwasser-Wiederverwendung nachhaltig sein, braucht es Expertinnen und Experten, die neben den technologischen Möglichkeiten auch die lokalen Bedürfnisse kennen.

Technologieentwicklung an der Eawag

Wasserwand: Mit der Wasserwand (<http://www.autarky.ch>) hat die Eawag gezeigt, dass eine fortgeschrittene Behandlung die direkte Wiederverwendung von hygienisch einwandfreiem Handwaschwasser möglich macht [8, 4].

Water Hub im NEST: Der Water Hub (<http://www.eawag.ch/waterhub>) im Experimentalgebäude NEST ermöglicht der Eawag, verschiedene Fragen unter realistischen Bedingungen zu untersuchen: eine weitergehende Grauwasserbehandlung, die Wärmerückgewinnung, die Bewertung der Wasserqualität und des Bakterienwachstums während der Zwischenspeicherung und Verteilung im Gebäude. Im Moment wird im NEST noch kein behandeltes Grauwasser wiederverwendet.

Wiederverwendung von Grauwasser in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen: In Ländern mit Wasserstress kann die Wiederverwendung von Grauwasser zu einer nachhaltigeren Wasserwirtschaft beitragen. Die Eawag hat bereits 2006 Empfehlungen abgegeben für Kontrollen der Wasserqualität, die Auslegung von Primär- und Sekundärbehandlungssystemen sowie für die sichere Wiederverwendung und Entsorgung von behandeltem Grauwasser [3]. Der Bericht umfasst Fallstudien und stellt sowohl einfache Systeme für Einzelhäuser als auch komplexe Behandlungen für ganze Quartiere vor.

Häufige Fragen

Ist behandeltes Grauwasser sicher genug zum Hände waschen?

Die Qualität des aufbereiteten Wassers hängt sehr stark von der Art der Behandlung ab. In der Eawag Wasserwand für das Recycling von Handwaschwasser lagen die Konzentrationen an organischem Kohlenstoff und die Gesamtzellzahlen unter den Trinkwasserwerten in Zürich [7]. Feldversuche mit einer Wasserwand auf einem vielfältig genutzten Stück Brachland mitten in der Stadt Zürich zeigten eine 99%ige Reduktion von organischem Kohlenstoff. Die Zahl von E. coli, ein Indikator für Krankheitserreger, lag immer unter der Nachweisgrenze. Ein sicheres Händewaschen mit Wasser aus der Wasserwand ist damit gewährleistet.

Warum sollte Grauwasser nicht ohne Aufbereitung zur Toilettenspülung verwendet werden?

Unbehandeltes Grauwasser sollte nirgendwo verwendet werden, wo Menschen damit in Kontakt kommen können. Denn ohne Behandlung enthält Grauwasser in der Regel zu viele Krankheitserreger und organischen Kohlenstoff. Das kann zur Vermehrung von Krankheitserregern führen.

Kann man die Wasserwand kaufen?

Noch nicht. Die Technologie ist zwar ausgereift und leistungsfähig. Sie wurde in der Schweiz, Uganda, Kenia und Südafrika praxiserprobt. Zurzeit sucht die Eawag aber noch einen geeigneten Industriepartner, damit eine Kommerzialisierung möglich wird.

Foto Titelseite: Wasserwand-Händewaschstation mit Membranfiltration Michel Riechmann, Eawag

Quellen:

- 1 DWA (2017) Merkblatt DWA-M 277: Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen. (ISBN: 978-3-88721-525-5)
- 2 Eidgenössisches Departement des Innern (EDI) (2016) Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) (SR 817.022.11). <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20143396/index.html>
- 3 Morel, A. and Diener, S. (2006) Greywater management in low and middle-income countries. Review of different treatment systems for households or neighbourhoods, Eawag, Dübendorf. <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:10721>
- 4 Nguyen, M.T., Allemann, L., Ziemba, C., Larivé, O., Morgenroth, E. and Julian, T.R. (2017) Controlling Bacterial Pathogens in Water for Reuse: Treatment Technologies for Water Recirculation in the Blue Diversion Autarky Toilet. *Frontiers in Environmental Science* 5(90). <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:16816>
- 5 SVGW (2018) Haushaltsverbrauch in der Schweiz, <http://wasserqualitaet.svgw.ch> > Wasserversorgung > Nutzung
- 6 Sharvelle, S.; Ashbolt, N.; Clerico, E.; Hultquist, R.; Leverenz, H.; and A. Olivieri. (2017). Risk-Based Framework for the Development of Public Health Guidance for Decentralized Non-Potable Water Systems. Prepared by the National Water Research Institute for the Water Environment & Reuse Foundation. Alexandria, VA. WE&RF Project No. SIWM10C15
- 7 Ziemba, C., Larivé, O., Deck, S., Huisman, T. and Morgenroth, E. (2019) Comparing the anti-bacterial performance of chlorination and electrolysis post-treatments in a hand washing water recycling system. *Water Research X* 2. <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:18717>
- 8 Ziemba, C., Larivé, O., Reynaert, E. and Morgenroth, E. (2018) Chemical composition, nutrient-balancing and biological treatment of hand washing greywater. *Water Research* 144, 752-762. <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:17193>
- 9 USEPA (2012) Guidelines for Water Reuse. EPA/600/R-12/618, US Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory, US Agency for International Development. <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merimackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf>

Mehr Informationen: www.eawag.ch/waterhub , www.autarky.ch , www.eawag.ch/membranfilter

Ansprechperson

Eawag, Prof. Dr. Eberhard Morgenroth, Abteilung Verfahrenstechnik, +41 58 765 5539, eberhard.morgenroth@eawag.ch

Mitarbeit an diesem Factsheet: Carina Doll, Angelika Hess, Nathalie Hubaux, Prof. Dr. Eberhard Morgenroth und Eva Reynaert, Abt. Verfahrenstechnik Eawag; Dr. Frederik Hammes, Dr. Tim Julian, Abt. Umweltmikrobiologie Eawag; Andri Bryner und Peter Penicka, Abt. Kommunikation Eawag

Adresse

Eawag, Überlandstrasse 133, CH-8600 Dübendorf, Schweiz, +41 58 765 5511, info@eawag.ch, eawag.ch