



# Urbaner Metabolismus

Die städtische Infrastruktur von Berlin

## Betriebswasser

Rahel Germershausen  
Simone Maxl  
Evi Scheller  
Lena Weiß

### **Impressum**

Seminarkonzeption und Durchführung:  
Michael Prytula

Gestaltung und Bearbeitung der Dokumentation:  
Michael Prytula, Anna-Katharina Rost

© bei den Autoren, TU Berlin / GtE 2005

### **Zitierhinweis**

Das vorliegende Dokument ist die pdf-Version eines Seminarbeitrags der jeweils genannten Autoren. Aus dem Dokument sollte in folgender Weise zitiert werden:

Germershausen, R. / Maxl, S. / Scheller, E. / Weiß, L.: Betriebswasser.  
In: Prytula, Michael (Hg.): Urbaner Metabolismus.  
Die städtische Infrastruktur von Berlin.  
Technische Universität Berlin, 2005  
URL: <http://www.urbaner-metabolismus.de>

Titelbild: Schilf  
Quelle: Michael Prytula (2004)

## Betriebswasser

Rahel Germershausen, Simone Maxl, Evi Scheller, Lena Weiß

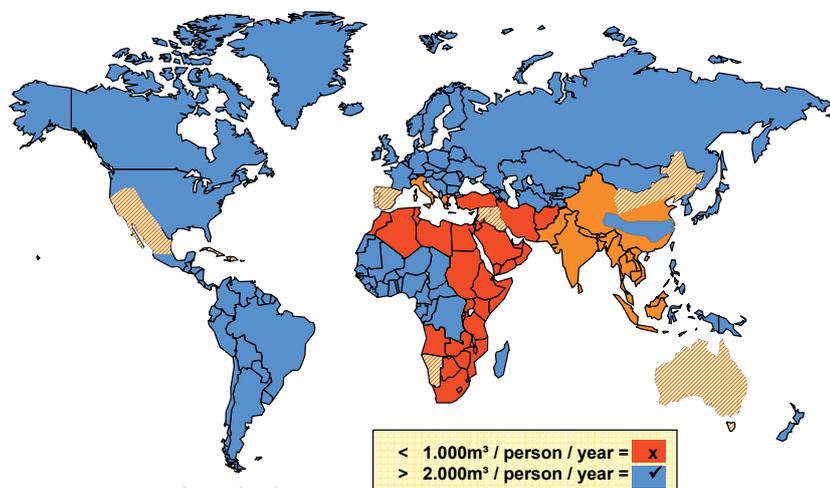
### Inhaltsverzeichnis

1. Begriffsdefinitionen und Wasserverbrauch
2. Grauwasseraufbereitung
3. Regenwasseraufbereitung
4. Salzwasseraufbereitungsanlage
5. Schlammwasseraufbereitungsanlagen
6. Schematische Darstellung der Systeme
7. Analysen der Stoffflüsse
8. Wirtschaftlichkeit der Anlagen im Vergleich
9. Auswirkungen
10. Fazit

### Einleitung

Die Erde ist zu 70,8% (361 Millionen km<sup>2</sup>) von Wasser bedeckt. Der Süßwasseranteil des gesamten Wassers der Erde beträgt ca. 2,6%, hiervon können nur 0,3% als Trinkwasser verwertet werden. Dieser kleine Teil an Trinkwasser kann, durch Mehrfachverwendung oder Nutzung anderer Ressourcen wie Salzwasser, sparsam verwendet oder ersetzt werden. Diese regenerativen Möglichkeiten der Wasserversorgung werden in unserer Arbeit thematisiert.

Die Vorkommen an für den Menschen verträglichem Wasser sind ungleich verteilt. 1,1 Milliarden Menschen weltweit haben weniger als 20 Liter Wasser pro Tag zur Verfügung. Dabei verbraucht eine Person in einem deutschen Haushalt jedoch durchschnittlich 127 Liter Wasser täglich. Da Aufbereitungsanlagen meist mit hohem Kostenaufwand verbunden sind, können sie gerade in den Ländern, in denen starker Wassermangel herrscht, zu selten eingesetzt werden.



Source: Fischer and Heilig, 1997

Abb.1  
Globale Wassersituation 2050  
Quelle: Fischer & Heilig, 1997

In Deutschland werden sie aus ökologischen und ökonomischen Gründen verwendet. Hier sparen sie langfristige private Kosten ein und schonen den natürlichen Wasserkreislauf. 99% der deutschen Bevölkerung, d.h. mehr als 81 Millionen Menschen, beziehen ihr Trinkwasser aus dem öffentlichen Netz. Das Wasser für die Versorgung der Bevölkerung besteht zu 74% aus Grund- und Quellwasser.

Im Folgenden werden mehrere Anlagen, die in Privathaushalten, Großbetrieben und industriellen Standorten, den Wasserverbrauch senken, vorgestellt, auf Ökologie und Wirtschaftlichkeit hin untersucht und danach miteinander verglichen.

**1. Begriffsdefinitionen**

- Trinkwasser: Entspricht der Trinkwasserverordnung (TVO) entsprechend der DIN 19643
- Betriebswasser: Nutzbares Wasser ohne Trinkwasserqualität
- Grauwasser: Teil des häuslichen Schmutzwassers, das durch den Abfluss von Badewanne, Dusche, Waschtisch und Waschmaschine anfällt
- Schlammwasser: Durch Filterreinigung verschmutztes Wasser
- Schwarzwasser: Durch Fäkalien verunreinigtes Wasser
- Regenwasser: Niederschlagswasser von Dächern und anderen Oberflächen

Abb.2  
 Anforderungen an die Qualität von Betriebswasser zur Nutzung in Gebäuden  
 Quelle: Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.); Merkblatt: „Betriebswassernutzung in Gebäuden“; Berlin, 1995

Qualitätsziele	Beurteilungskriterien/Begründung
Hygienisch / mikrobiologisch einwandfrei	Gesamtcoliforme Bak.: 0/0.01 ml (<100/ml) Fäkalcoliforme Bak.: 0/0,1 ml (<10/ml) P. aeruginosa: 0/1,0 ml (<1/ml)
niedriger BSB (biochemischer Sauerstoffbedarf)	BSB unter 5 mg/l, um sicherzustellen, dass das Grauwasser weitgehend gereinigt ist
farblos und klar	UV-Transmission: mind 60%
möglichst sauerstoffreich	> 50% Sättigung, damit das Betriebswasser lagerfähig ist
nahezu schwebstofffrei nahezu geruchslos nicht fäulnisfähig in 5 Tagen	damit Armaturen einwandfrei funktionieren und kein Komfortverlust für die Nutzer eintritt

Abb.3  
 Unterschiede Freilandniederschlag und Stadtniederschlag  
 Quelle: König, Klaus Werner, Regenwasser in der Architektur, Ökobuch, Staufen bei Freiburg in Br., 1996

Parameter	TVO	Freilandniederschlag		Niederschlag Essen-Kupferdreh		Messwerte aller RW Nutzungsanlagen	
		Mittelwert		Mittelwert		Mittelwert	
pH	6,5-9,5	2,4-7,8	4,5	3,6-8,1	-	5,5	-
Ammonium-Stickstoff [mg/l]	0,38	0,1-20,0	1,3	< 0,1-15	2,9	< 0,02-1,78	0,31
Chem. Sauerstoffbedarf [mg/l]	-	-	-	2,8-53,3	13,8	< 15-36	< 17,4
Zink [mg/l]	5	< 0,001-0,707	0,031	0,017-0,760	0,114	< 0,03-3,50	0,78
Kupfer [µg/l]	3000	< 1-156	2	2,94	29	< 0,05-314	35,3
Nickel [µg/l]	50			< 1-9	2,7	< 0,08-35	< 10
Blei [µg/l]	40	< 1-643	22	< 10-200	35	< 0,21-110	- 15,5

## Wasserverbrauch

Zwischen 1940 und 1990 hat sich der weltweite Wasserverbrauch vervierfacht, während sich die Weltbevölkerung im gleichen Zeitraum „nur“ verdoppelt hat. Ein Mensch braucht zum Überleben mindestens 2 bis 5 Liter Wasser pro Tag, eine Person in Deutschland hingegen verbraucht durchschnittlich 127 Liter pro Tag.

Wird der Wasserverbrauch von Gewerbe und Industrie auf die Bevölkerung verteilt, erhöht sich der Verbrauch pro Person auf 170 Liter pro Tag. Die Nutzungsbereiche im Haushalt teilen sich auf in 30% für WC, 38 % für Duschen und Baden, 13 % für Wäsche, 7 % für Geschirr und 5% für Essen und Trinken. 50 Liter pro Person können im Haushalt durch Betriebswasser ersetzt werden.

Für folgende Bereiche genügt eine Betriebswasserqualität:

Privater Bereich	Kommunaler Bereich	Gewerblicher Bereich
Toiletten	Toiletten	Toiletten
Waschmaschinen	Waschmaschinen	Wäschereien
Putzen, Reinigung	Fahrzeugreinigung	Fahrzeugreinigung
Gartenbewässerung	Friedhofsbewässerung	Gärtnereien
Feuchtbioptop	Sportanlagenbewäs.	Landwirtschaftsbetriebe
	Feuerlöschwasser	Feuerlöschwasser
	Kanalreinigung	Kühlwasser

Es fallen ca. 50 Liter Grauwasser pro Person an, das ist ungefähr die gleiche Menge die man an Betriebswasser verwenden kann. Deutsche Industrie und Wärmekraftwerke verwenden das eingesetzte Frischwasser mehr als dreimal, und infolge von Kreislaufnutzung werden jährlich rund 70 Mrd. m<sup>3</sup> Wasser gespart.

## 2. Anlagen zur Wasseraufbereitung

Im Folgenden werden Anlagen beschrieben, die den Trinkwasserverbrauch verringern. Ihre Einsatzgebiete sind sehr vielseitig, sie reichen von Einfamilienhaushalten über Mehrfamilienhaushalten, Industrie bis hin zur Wiederaufbereitung des verschmutzten Wassers, welches in Schwimmbädern anfällt.

### 2.1 Grauwasseraufbereitungsanlagen

Grauwasser ist der Teil des häuslichen Schmutzwassers, das durch den Abfluss von Badewanne, Dusche, Waschtisch und Waschmaschine anfällt. In einem Wasser sparenden Haushalt entstehen in diesem Bereich ca. 55 Liter Grauwasser pro Person. Das Aufkommen des Grauwassers geschieht in kontinuierlicher Menge und ist unabhängig von Jahreszeit oder Witterung.

Das anfallende Grauwasser ist im Vergleich zum Schwarzwasser, welches das restliche Abwasser eines Haushaltes ausmacht, nur gering verschmutzt und wenig bakteriell belastet. Grauwasser ist frei von Fäkalien, Fett- und Feststoffen und frei von hoch belastetem Küchenwasser.

Zunächst kann man allgemein gültig für alle Grauwasseranlagen sagen, dass sie jeweils ein separates Leitungsnetz zur Erfassung des Grauwassers sowie zur Verteilung des Betriebswassers benötigen.

Die Aufbereitung des Grauwassers erfolgt in unterschiedlichen Anlagentypen, die, abhängig von der Anwendung, variieren.

### 2.1.1 Grauwasseraufbereitungsanlage

Das häusliche Grauwasser wie Dusch-, Bade- und Handwaschwasser wird in die Grauwasseranlage geleitet, die für jedes Haus als eigene Anlage installiert werden muss. Dort wird das Wasser zuerst durch ein Absatzbecken geführt, in dem sich die größten Schmutzpartikel des Wassers absetzen und so eine auf biologischen Eigenschaften basierende Vorreinigung erfolgt.

Abb.4  
Einbau Grauwasseraufbereitungsanlage  
Quelle: www.dasumwelthaus.de

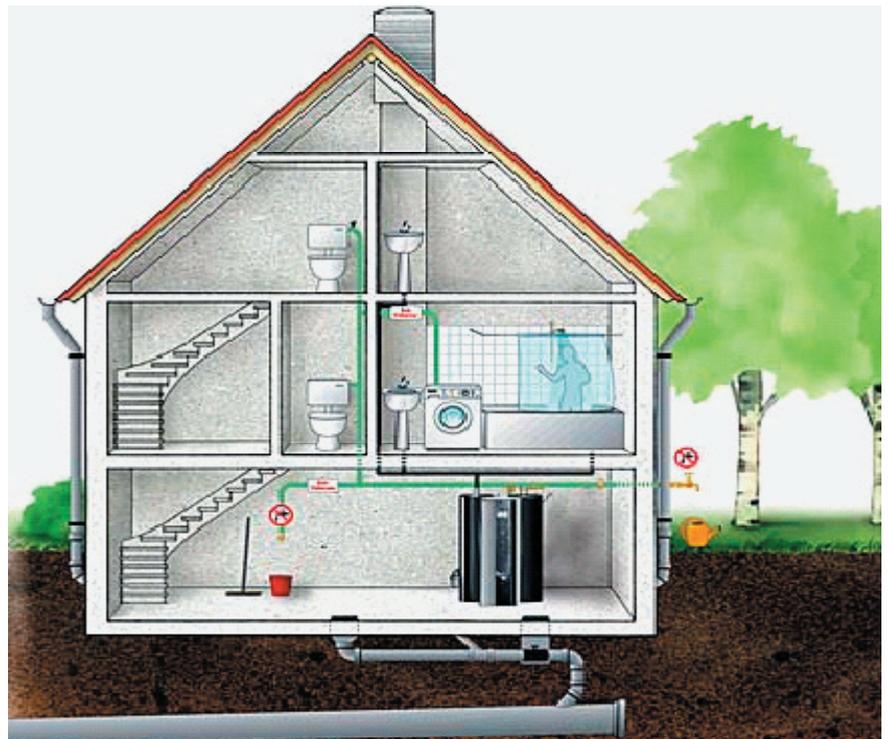


Abb.5  
Filteranlage  
Quelle: www.dasumwelthaus.de

Das vorgereinigte Wasser wird dann in ein mehrstufiges Tauchtropfbecken gefüllt, in dem es durch Mikrofiltration einer genaueren Säuberung unterliegt. Dabei wird mit speziellen Filterteilchen aus Keramik, die durch Rotationsbewegungen die restlichen Schmutzpartikel und Bakterien herausfiltern, eine hygienische Klärung garantiert. Nach dieser Säuberung wird das Wasser in ein Nachklärbecken geleitet, und in einem weiteren Schritt durch eine UV-Desinfektion vollständig gereinigt.

Nach dieser Reinigung wird das neu gewonnene Betriebswasser in einem Wasserbecken gesammelt und kann von dort aus für die Toilettenspülung oder den Wasserbedarf der Waschmaschine verwendet werden.

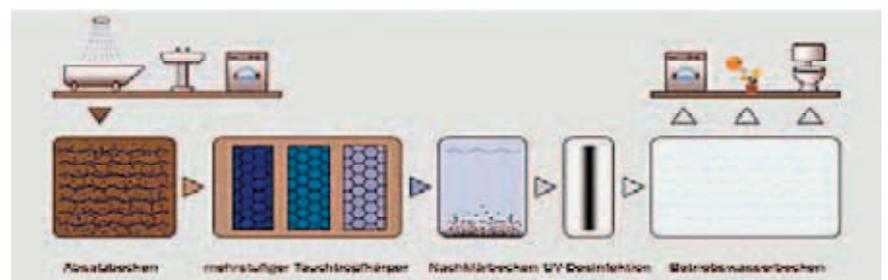


Abb.6  
Filtervorgang  
Quelle: www.dasumwelthaus.de

Rahel Germershausen, Simone Maxl, Evi Scheller, Lena Weiß

Die Grauwasseranlage kann ganz ohne chemische Hilfsmittel und, auf Grund eines automatisierten Prozesses, mit nur ganz geringen Wartungs- und Betriebskosten auskommen. Sie hat einen sehr geringen Platzbedarf, so dass sie leicht in den Keller jedes Hauses einzubauen ist.

### 2.1.2. Grauwasseraufbereitungsanlage ThermoCycle mit Wärmerückgewinnung

Thermischer Energiegehalt von Grauwasser

Im 28 - 34° C warmen Abwasser aus der Dusche, Badewanne und Waschmaschine verbirgt sich ein hohes Energiepotential, das zur Wärmerückgewinnung verwendet werden kann. 1000 Liter warmes Grauwasser enthalten durchschnittlich 23 kw h nutzbare Wärmeenergie. Durch die Wärmerückgewinnungsanlage „Thermo Cycle“ von Aquatronic werden aus 1000 l Grauwasser durchschnittlich 16 kw h Wärmeenergie bei minimalen Betriebskosten. Bei dieser Anlage wird die im Grauwasser enthaltene Wärmeenergie zur Vorwärmung des Boilerwassers weiter/umgenutzt.

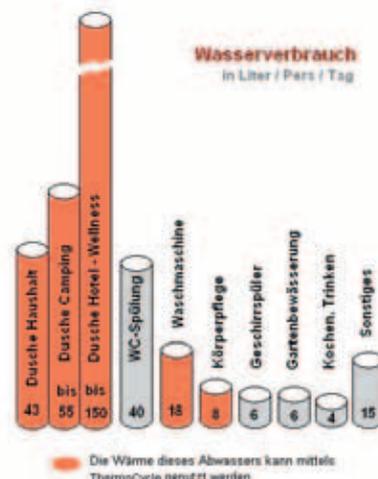


Abb.7 Wasserverbrauch, Energierückgewinnungspotenzial  
Quelle: www.aquatronic.info

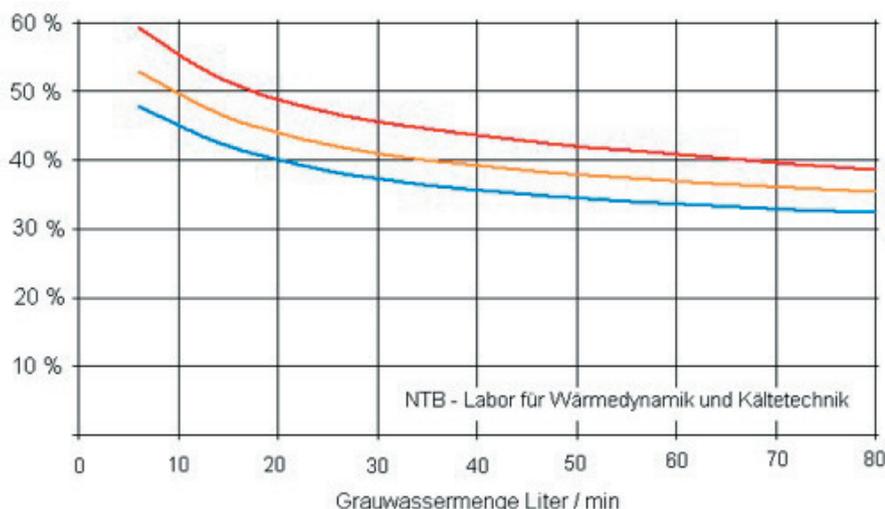


Abb.8 prozentuelle Einsparung durch Wärmerückgewinnung  
Quelle: www.aquatronic.info

Beim Eintritt in die Wärmerückgewinnungsanlage wird das warme Duschwasser von Schmutzpartikeln wie Haare, Wollflusen, Sand und dergleichen gereinigt. Das gereinigte Duschwasser gibt jetzt seine Wärmeenergie an das frische, dem Boiler zufließende Kaltwasser ab. Die zurückgehaltene Schmutzfracht wird automatisch in die Kanalisation abgeführt.

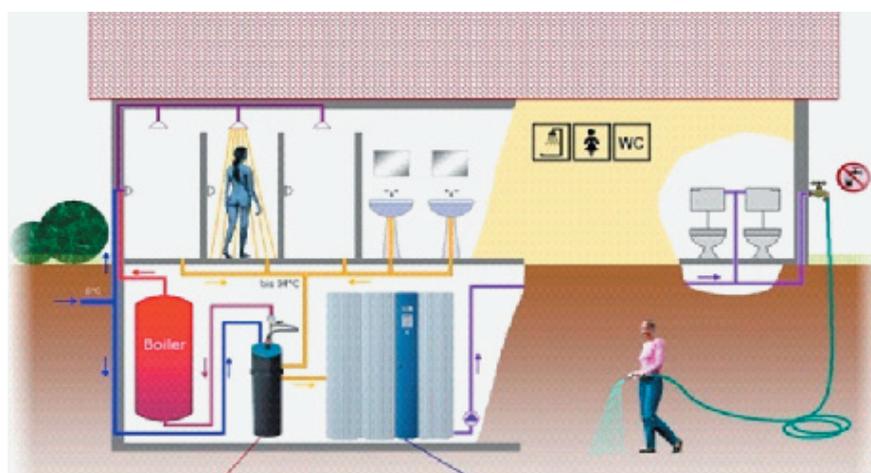


Abb.9 Einbau Aquatronic Anlage  
Quelle: www.aquatronic.info

Die beiden Wasserkreisläufe werden dabei nicht vermischt, es handelt sich um ein hygienisch unbedenkliches Verfahren. Das Resultat dieses Prozesses weist eine Ersparnis von 50% Heizenergie für Warmwasser auf. Nach dem Prozess der Wärmerückgewinnung für die Vorwärmung des Boilers wird das Grauwasser biologisch zu Klarwasser aufbereitet und desinfiziert.

### **2.2.3 Reinigung von Grauwasser mit Hilfe von vertikal durchströmten Pflanzenkläranlagen**

Versuche in der Landespflege/ LWG Veitshöchheim

Die Pflanzenkläranlage, mit der die Landespflege LWG Veitshöchheim verschiedene Versuche zur Wiederaufbereitung von Grauwasser durchgeführt hat, besteht aus vier vertikal durchströmten Bodenfiltern mit verschiedenen Substraten und Repositionspflanzen.

Das Ziel dieses Versuches ist es, das im häuslichen Bereich anfallende Grauwasser mittels bepflanzten Bodenfiltern so gut zu reinigen, dass die Grenzwerte der EU-Richtlinien für Badegewässer eingehalten beziehungsweise unterschritten werden können.

Dabei hat sich der Einsatz verschiedener Substrate und Repositionspflanzen zur Wiederaufbereitung bewährt. Sie ermöglichen eine Optimierung der Reinigungsleistung bezüglich der organischen Stoffe, der Tenside (im Waschmittel) und der pathogenen Keime, welche im anfallenden Grauwasser enthalten sind.

Die festgestellte Reinigungsleistung von 80 - 99,3% garantiert eine Unterschreitung der geforderten Grenzwerte der EU-Richtlinien für Badegewässer. Alternativ zu den vertikal durchströmten Pflanzenkläranlagen ist auch eine Versickerung in Rigolen, Mulden oder Schächten möglich. Pflanzen mit einem flachstreichenden Wurzelwachstum haben sich während des Versuches nicht bewährt.

Diese Art des Grauwasserfilters verbindet, im Gegensatz zu anderen Wiederaufbereitungsanlagen, Reinigungsleistungen mit gestalterischen Möglichkeiten in Form von Grünflächen.



Abb.10  
Pflanzenkläranlage  
Quelle: [www.stmlf-design2.bayern.de/lwg/landespflege](http://www.stmlf-design2.bayern.de/lwg/landespflege)

## 2.2 Regenwasseraufbereitungsanlagen

Um den Verbrauch von Trinkwasser zu substituieren, kann man Regenwasser sammeln, wiederaufbereiten und als Betriebswasser verwenden. Jede Leitung durch die Betriebswasser fließt muss gekennzeichnet sein und auch am Wasserhahn müssen Warnschilder angebracht werden. In einem Mietshaus müssen die Mieter die Wahl haben, ob sie Betriebswasser oder Trinkwasser verwenden möchten.

### 2.2.1 Qualität von Regenwasser

Regenwasser hat eine sehr gute Qualität, fallender Niederschlag hält, mit Ausnahme des Ph-Wertes, die Anforderungen an die Trinkwasserverordnung.

Die Qualität unterscheidet sich in geringem Maße dadurch wie sauber die Luft in dem Gebiet wo der Niederschlag gesammelt wird ist. In Großstädten nimmt der Niederschlag Verunreinigungen über die Luft auf.

Das der Ph – Wert von der Trinkwasserverordnung abweicht hat insofern Vorteile, dass das Wasser weicher ist und die Waschmaschine nicht so viel Waschmittel benötigt. Der nächste Faktor, der die Qualität von Trinkwasser beeinflusst ist die Regenauffangfläche.

Wasser welches nur von Dachflächen gesammelt wird hat eine bessere Qualität als Wasser, welches auch von anderen Oberflächen wie z.B. Höfen gesammelt wird. Bei Dachflächen ist das Material des Daches ein zu beachtender Punkt. Ebenso unterscheiden sich die Inhaltsstoffe des Regenwassers dadurch, ob es längere Zeit nicht geregnet hat oder kontinuierlich regnet, da man den Abspüleffekt miteinbeziehen muss.

Allgemein kann man sagen, dass zur Aufbereitung des Niederschlags von Dachflächen eine Filteranlage genügt, und von anderen Oberflächen eine spezielle Reinigung notwendig ist.

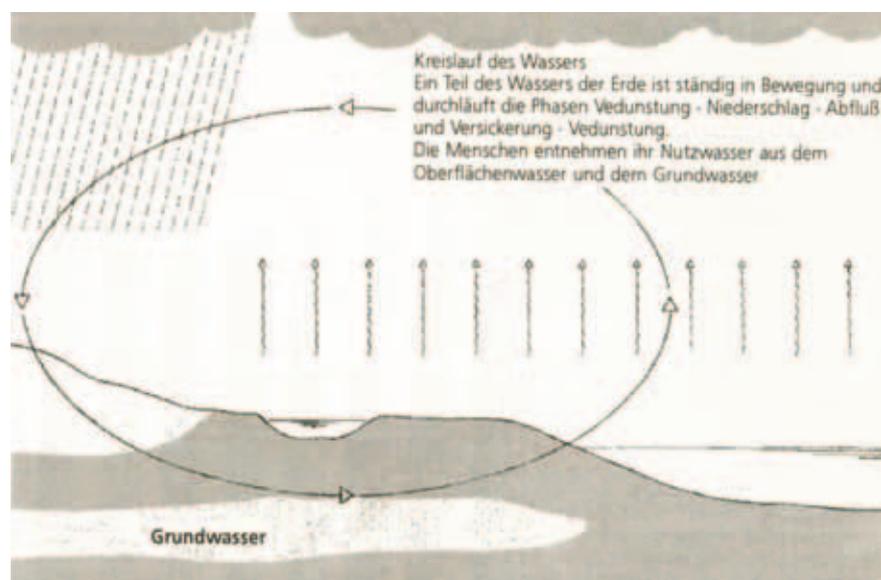


Abb.11  
Kreislauf des Wassers  
Quelle: König, Klaus Werner, Regenwasser in der Architektur, Ökobuch, Staufen bei Freiburg in Br., 1996.

### 2.2.2 Regenwasseraufbereitungsanlage von Dachablaufwasser

Das Regenwasser läuft von der Dachrinne durch einen Filter in die Zisterne. Die Zisterne besteht entweder aus Kunststoff, Stahl oder Beton, der aber wegen des Säuregehaltes im Wasser angreifbar wird und deswegen beschichtet werden muss.

Das Wasser wird am Boden der Zisterne durch einen beruhigten Zulauf eingeführt, so dass sich das Wasser sedimentiert. Das Wasser kann dann mit Hilfe einer Saugpumpe ins Haus zu Verwendung gepumpt werden. Bestenfalls ist diese Pumpe schwimmend damit immer nur das oberste und sauberste Wasser verwendet wird. Eine Zisterne muss außerdem noch mit einem Überlauf ausgestattet sein, für den Fall, dass die Zisterne für das anfallende Regenwasser nicht ausreicht.

Dieser Überlauf führt entweder in die Kanalisation, wobei dann auf einen Geruchsabschluss zu achten ist oder das Wasser wird auf dem Grundstück versickert. Für den Fall, dass das Regenwasser den Betriebswasserbedarf nicht deckt, muss eine Trinkwassernachspeisung in der Zisterne gewährleistet sein.

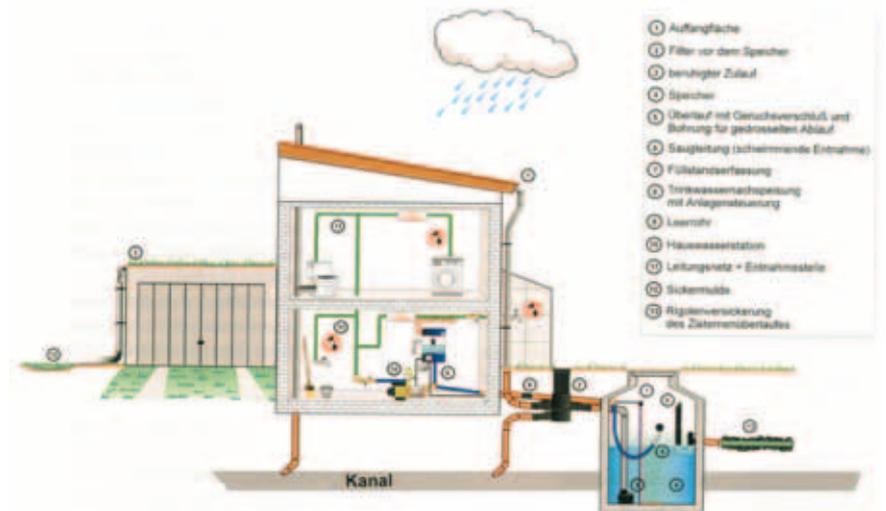


Abb.12  
Zusammenfassung von Regenwassernutzung mit den unterschiedlichen Komponenten der Regenwasserbewirtschaftung  
Quelle: Seelig-Morell, Tamara, InfoForum Regenmanagement - Regenwasserbewirtschaftungssysteme in Berlin und Brandenburg, Berlin, 2000

### 2.2.3 Regenwasseraufbereitungsanlage von Oberflächenwasser

Um die Menge des aufzufangenden Niederschlags zu erhöhen kann man zusätzlich zum Niederschlagswasser der Dachfläche das Niederschlagswasser von anderen Oberflächen wie z.B. von Höfen sammeln. Dies ist besonders wichtig bei Mehrfamilienhäusern, wo der Bedarf an Betriebswasser allein durch die Dachfläche nicht gedeckt werden kann.

Das Niederschlagswasser das von anderen Oberflächen gesammelt wird ist stärker verschmutzt als das der Dachfläche. Aus diesem Grund muss das Wasser zusätzlich gereinigt werden. Das Wasser wird in einer Zisterne gesammelt nachdem es erstmal grob von einem Schlammfang und Ölabscheider gereinigt wurde. Danach wird das Wasser biologisch gereinigt und mit Hilfe von UV desinfiziert.

Das gereinigte Wasser wird dann in einer weiteren Zisterne gesammelt, um von dort aus als Betriebswasser genutzt zu werden. Die Qualität ist nun besser als die des Dachablaufwassers nach der in 2.2.2 beschriebenen Anlage.

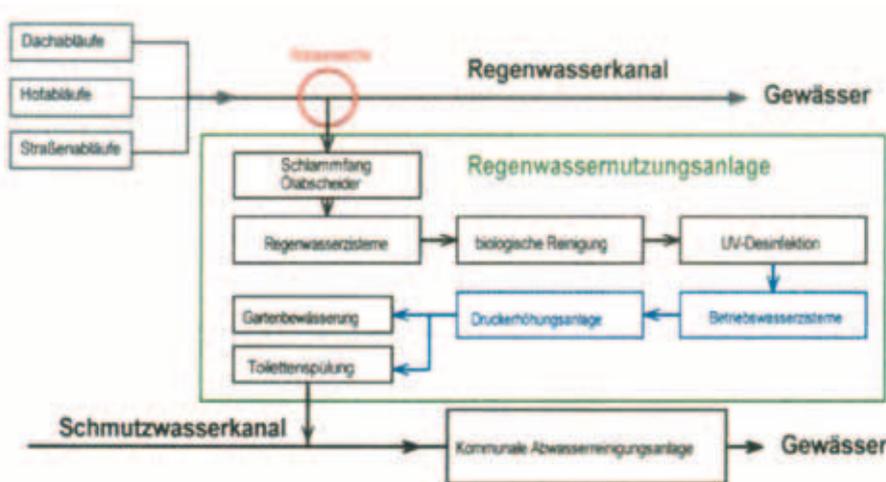


Abb.13  
Oberflächenwassernutzungsanlage  
Quelle: Seelig-Morell, Tamara, InfoForum  
Regenmanagement - Regenwasserbewirt-  
schaftungssysteme in Berlin und Brandenburg,  
Berlin, 2000

### 2.3 Salzwasseraufbereitungsanlage

Trinkwasser wird weltweit zu einer knappen Ressource. Mehr als ein Fünftel der Weltbevölkerung lebt bereits heute ohne ausreichende Wasserversorgung und im Jahr 2025 soll sogar die Hälfte der Weltbevölkerung unter Wassermangel leiden. Ein Paradoxon so scheint es, verfügen die betroffenen Länder doch meist über Wasser im Überfluss: Meerwasser, Meere und Ozeane machen weltweit 97 Prozent der Gesamtwassermenge aus.

Der Ansatz, Meerwasser in Trinkwasser umzuwandeln und so die größten Wasserspeicher der Erde zu nutzen, liegt daher nahe. Derzeit sind etwa 12.000 größere Anlagen zur Meerwasserentsalzung in Betrieb, die insgesamt ca. 36 Millionen Kubikmeter Trinkwasser pro Tag produzieren. Damit hat sich die Meerwasserentsalzung zu einem bedeutenden Wachstumsmarkt entwickelt.

Die Tendenz ist weiter steigend, denn die derzeit installierte globale Entsalzungsanlagenleistung deckt nur etwa 70 Prozent des heutigen öffentlichen Bedarfs an entsalztem Wasser. Untersuchungen, die 2002 von der UN zur Entwicklung der globalen Trinkwasseraufbereitung in Auftrag gegebenen wurden, prognostizieren für den Zeitraum 2011 bis 2015 einen Ausbau der weltweiten Anlagenkapazität um mindestens weitere 9,5 Mio. cbm/d.

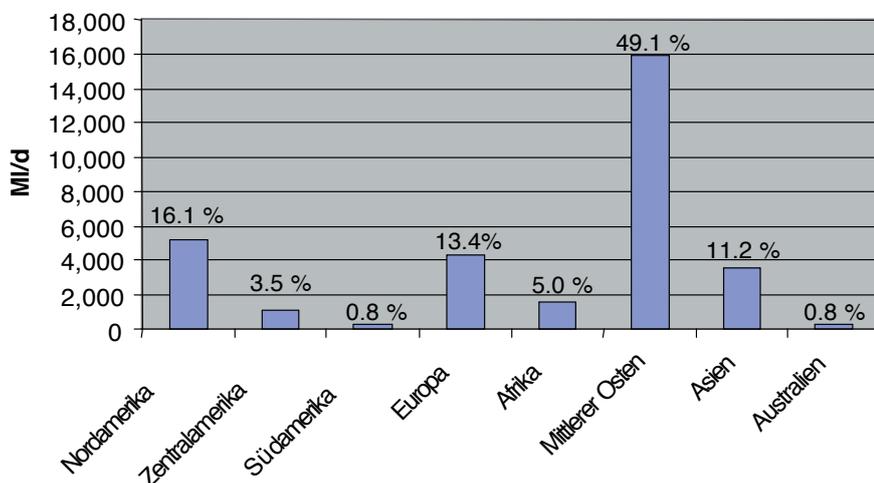


Abb.14  
Weltweite Entsalzungskapazität  
Quelle: www.dme-ev.de

Zwei Drittel dieser zusätzlichen Kapazitäten entfallen allein auf Saudi Arabien, die Vereinigten Arabischen Emirate, Iran und die USA. Diese Staaten planen für den genannten Zeitraum die Errichtung und Inbetriebnahme von großen Meerwasserentsalzungs-Anlagen mit Kapazitäten ab 30.000 m<sup>3</sup> über „Reverse Osmose“ - Anlagen ( siehe 2.3.1 ) bis zu über eine Million Kubikmeter pro Tag mittels thermischer Verfahren und deren Kombination.

Die Bereitstellung von Trink- und Nutzwasser aus Meerwasser ist längst zu einer globalen Herausforderung geworden. Weltweit wird an innovativen Technologien und Verfahren gearbeitet, um die Ressource Wasser in ausreichendem Maße zur Verfügung zu stellen und die Umwandlung von Meer- und Trinkwasser gewinnt zunehmend an Bedeutung.

Obwohl deutsche Unternehmen bereits seit den 70er Jahren in groß angelegten Forschungsprojekten weltweite Entsalzungsverfahren entwickeln, entsprechende Projekte realisierten und über beträchtliches Know-how auf dem Gebiet der Meerwasserentsalzung verfügen, bestimmten inzwischen Nationen wie Italien, UK, Frankreich, USA und Japan den Weltmarkt. Denn während Wirtschaft, Wissenschaft und Politik der internationalen Konkurrenz Hand in Hand arbeiten, fehlte es in Deutschland bislang an einer zentralen Plattform, die die Interessen auf diesem Gebiet bündelt.

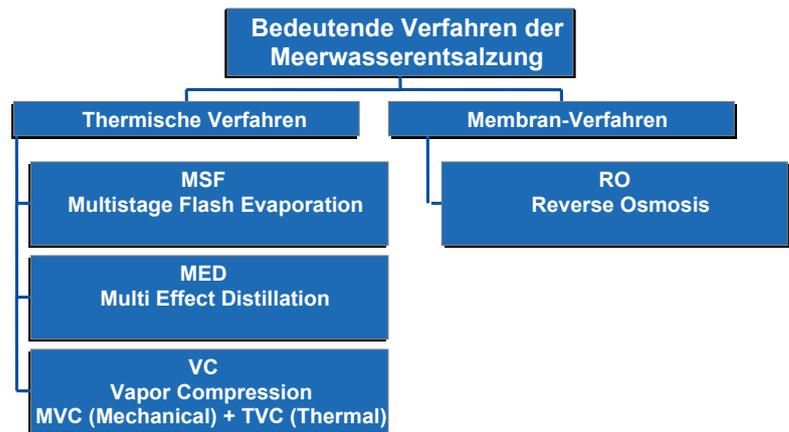


Abb.15:  
Verfahren der Meerwasserentsalzung  
Quelle: www.dme-ev.de

### Reverse Osmose – Membranverfahren zur Meerwasserentsalzung

Ein Verfahren, das hauptsächlich zur Entsalzung von Wasser (Meerwasserentsalzung) mit Hilfe von semipermeablen Membranen verwendet wird. Bei der Umkehrosmose erfolgt eine selektive Abtrennung (Aufkonzentrierung) von gelösten Stoffen aus einer Lösung indem diese unter hohem Druck durch eine semipermeable Membran gepresst wird. Bei Wegfall des Druckes würde das Filtrat aufgrund des Konzentrationsgradienten wieder zurückfließen (Osmose). Mit Hilfe der Umkehrosmose lassen sich z.B. Viren, Zucker, Proteine, Pektine oder Salze (Meerwasserentsalzung) aus einer Lösung abtrennen. Es können Teilchen der Größe etwa von  $5 \times 10^{-7}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  mm zurückgehalten werden. Es wird Druck bis 100 bar angewendet.

Eine zunehmend wirtschaftliche Alternative zum Ionenaustauschverfahren, auch in Kombination mit diesen, stellt in vielen Fällen die so genannte umgekehrte Osmose dar. Das zugrunde liegende Prinzip ist dabei die Trennung von Lösungsmittel und gelösten Stoffen durch Aufwendung

von Arbeit. Der Trennvorgang findet dabei an speziellen Membranen statt, die die Eigenschaft haben, das Lösungsmittel zu lösen (in diesem Fall Wasser), nicht aber die gelösten Inhaltsstoffe (in diesem Fall Mineralsalze). Die Arbeit wird von einer Pumpe verrichtet. Der Pumpendruck muss dabei größer sein als der osmotische Druck der aufkonzentrierten Lösung an der Oberfläche der Membrane.

Um dem Pumpendruck standzuhalten ist die Membran auf ein entsprechend druckfestes Trägermaterial aufgezogen. Gebräuchlich sind heute Membranen aus Polyamid, Polysulfon oder Celluloseacetat. Eine Einheit mit der Anordnung von Membranen heißt Permeator oder Umkehrosmose-Modul. Durchgesetzt haben sich Hohlfasermodule und Wickelmodule. Eine Anlage besteht meistens aus mehreren Modulen. Das erhaltene Reinwasser heißt Permeat, die aufkonzentrierte Lösung Konzentrat. Die prinzipielle Arbeitsweise eines Permeators soll die folgende Skizze verdeutlichen:

Je nach Permeatortyp und Zusatzwasserqualität wird ein Salzurückhaltevermögen von 85 - 98 % und eine Permeatausbeute von 50 - 85 % erreicht. Die Permeatausbeute wird primär durch die Tendenz des Konzentrats zur Bildung von Ablagerungen begrenzt, was zur Verblockung der Membranen führen kann. Die Verhinderung der Membranverblockung ist eines der Hauptprobleme bei der Auslegung einer Anlage.

Umkehrosmoseanlagen decken heute einen sehr unterschiedlichen Leistungsbereich ab: Im Betrieb sind Anlagen mit einer Permeatausbeute von einigen Litern pro Stunde für den häuslichen oder Laborbedarf bis zu Meerwasserentsalzungsanlagen mit einer Leistung von einigen hundert Kubikmetern pro Stunde. Die Auswahl der Membranen, des Permeatortyps und der Anordnung erfolgt unter Berücksichtigung der erforderlichen Leistung, der Zusatzwasserqualität und den Reinheitsanforderungen.

## 2.4 Schlammwasseraufbereitungsanlagen

Nach mehreren privaten Anlagen wird im Folgenden eine Anlage vorgestellt, die im größeren Maßstab arbeitet. Die Schlammwasseraufbereitungsanlagen, hier am Produktbeispiel der AquaRec Anlage von Herten, bereitet Wasser auf, das beim Spülen von Badewasserfilteranlagen entsteht.

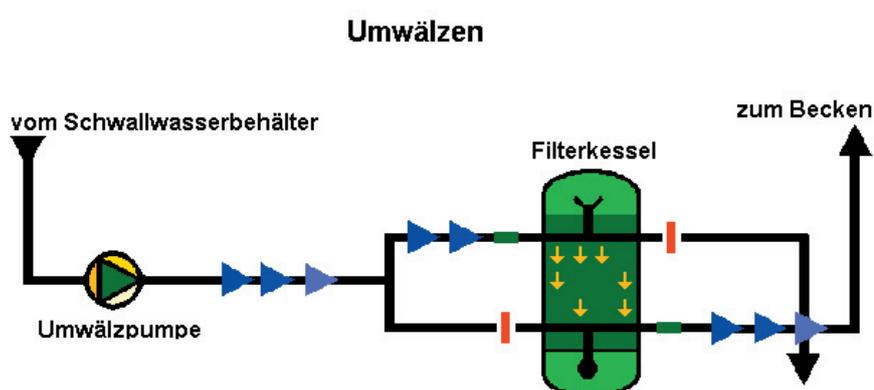


Abb.16  
Umwälzen des Filterkreislaufs  
Quelle: keine Angabe

### Herkömmliche Badewasseraufbereitung

Grundsätzlich entstehen in Schwimmbädern drei verschiedene Arten von Abwasser:

- kontinuierlich ausgetauschtes Wasser aus dem Becken (pro Gast ca. 30l Frischwasser),
- zusätzlich verdunsten bei durchschnittlicher Beckengröße täglich 1500 L Duschwasser
- Schlammwasser bei wöchentlicher Reinigung bzw. Rückspülung der Filteranlagen

In einem gewöhnlichen öffentlichen Badehaus wird davon nur das kontinuierlich ausgetauschte Badewasser gefiltert und aufbereitet.

Dabei durchläuft es folgende Stationen:

Schwallwasserbecken, Filterkessel (Kohle, Quarzsand), Erwärmung, Zugabe von Chlor, ph-Wert Ausgleich, durchgehende Messungen. Die wöchentliche Filterrückspülung dauert 30 Minuten und läuft wie folgend ab: Umwälzen, Pumpe ausschalten, Klappen umlegen, Rückspülung (Wasser durchströmt den Filter von unten nach oben, Filtersand wird angehoben, Schmutz schwebt im Wasserstrom und wird in die Kanalisation gespült).

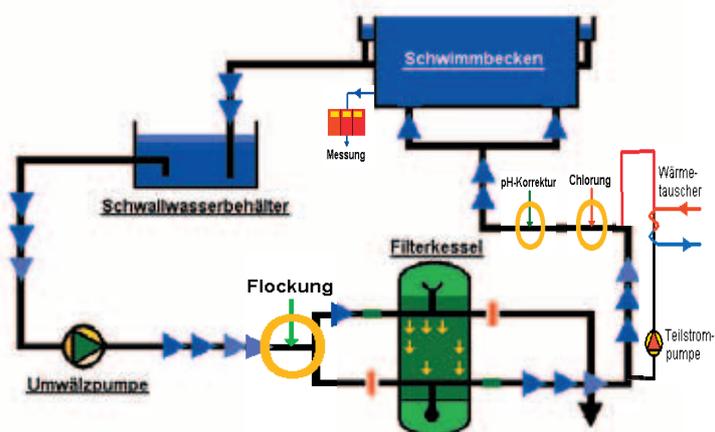


Abb.17  
herkömmliche Badewasseraufbereitung  
Quelle: keine Angabe

### Schlammwasseraufbereitungsanlage AquaRec

Die AquaRec Anlage, wie sie ca. 100 Schwimmbäder in Deutschland besitzen wird im Kreislauf nach der Filteranlage eingebaut. Für die vierstufige Aufbereitung wird ein Wasserdruck von nur 2 bar benötigt, was einen Vorteil gegenüber den energieaufwendigen Umkehrosmose-Verfahren (selektive Abtrennung von gelösten Stoffen aus einer Lösung indem diese unter hohem Druck durch semipermeable Membran gepresst wird) bringt.

Der Hersteller Herten wirbt mit einer Wasser- und Abwasserersparnis vom 70%, Energieeinsparungen von 65% und Einsparung im Chemikalieneinsatz, Verbesserung der Wasser- und Luftqualität, Verlängerung der Spülintervall. Schlammwasser wird aus den Filterkreisläufen rückgewonnen und so Betriebswasser zu Füllwasser umgewandelt.

Durch den Einsatz dieser Anlage verbleibt das Filterspülwasser im Wasserkreislauf, es entsteht eine Kreislaufwirtschaft im Schwimmbad. Echte Wasserverluste entstehen nur noch durch Verdunstung, Austrag und bei der Spülung der Komponenten der Anlage. Der in DIN 19643 geforderte Austausch von mindestens 30 Liter Füllwasser (in der Regel Trinkwasser) pro Person kann zum größten Teil durch das von der Anlage erzeugte Reinwasser ersetzt werden.

Alle Verfahrensschritte („Hygienebarrieren“) der Anlage werden vom aufzubereitenden Wasservolumenstrom zu 100% durchflossen. Die vierstufige Aufbereitung beinhaltet diese Stufen:

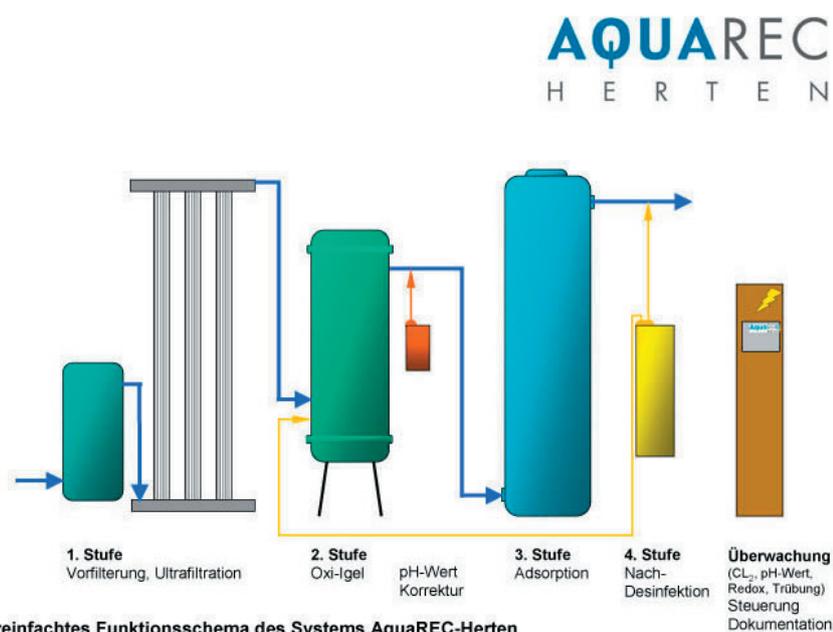
#### Vorfilter und Ultrafiltration

Bei der Voraufbereitung kommt es zur Entfernung der korpuskulären Teilchen bzw. Trübungen sowie Beseitigung von Ölen, Fetten und Salben. Diese Aufbereitung bewirkt, dass nur tatsächlich gelöste Stoffe der oxidativen und adsorptiven Aufbereitung zugeleitet werden. So kann die oxidative und adsorptive Reaktionskinetik (Umwandlung zu anorganischen Bestandteilen wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ) voll zur Entfernung kommen. Alle physikalischen Faktoren (Trübung, absetzbare bzw. abfiltrierbare Stoffe) werden soweit herab gesetzt, dass sie keinen negativen Einfluss auf die Oxidationsstufe ausüben können.

Nach dem ersten Schritt ist ein CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) von unter 40 mg/l, eine Trübung von unter 0,1 sowie eine Menge abfiltrierbare Stoffe von unter 0,5 mg/l vorhanden.

#### Oxidative Aufbereitung

Im zweiten Schritt folgt mit einem speziellen Oxidationsmittel auf Chlorbasis die oxidative Aufbereitung im Oxi-Igel, einem speziellen, patentierten Reaktion- und Mischbehälter. Es werden organische Umweltbelastungen in umweltverträgliche Bestandteile umgewandelt.



**Vereinfachtes Funktionsschema des Systems AquaREC-Herten  
patentiertes Verfahren in vier Stufen mit Oxi-Igel**

© 2002 AquaREC-Herten \* Hermer Str. 21 \* D-45699 Herten \* Tel.: 02369 / 307-315 \* Fax: -127 \* info@aquarec.de \* www.aquarec.de

Abb.18  
Funktionsschema AquaREC-Anlage  
Quelle: www.aquarec.de

### Absorptionsstufe

Ein Kohle- bzw. Silicatfilter dient aus Sicherheitsgründen als zusätzliche Hygienebarriere, die noch nicht oxidierte Stoffe auffängt sowie die aus dem Oxidationsprozess entstehenden Reaktionsendprodukte. Auch im Fall von Störungen werden die noch nicht oxidierten organischen Stoffe hier zurück gehalten.

### Nachdesinfektion

Zur Nachdesinfektion wird ein Mittel auf Chlorbasis verwendet. Alternativ ist UV-Desinfektion möglich.

### Reinigung der Anlagekomponenten

Die Voraufbereitung (Ultrafiltration) wird vollautomatisch in vorgeschriebenen Zyklen gespült. Die Membranen der Ultrafiltration sind alle drei Monate zu reinigen. Der Aktivkohlefilter wird einmal die Woche gespült. Die durch den Oxidationsprozess entstehenden Ablagerungen im Oxigel werden innerhalb der vierteljährigen Wartung chemisch-mechanisch entfernt.

### Schnittstellen zur Einbindung der Anlage:

- Starkstromleitung
- Warm- und Kaltwasseranschluss
- Kanalanschluss für Abwasser
- Versorgung der Desinfektionsstellen mit Chlorgas
- Anbindung Schlammwasser
- Kompressor und Druckluftverteilung
- Mess- Steuer- und Regelungstechnik

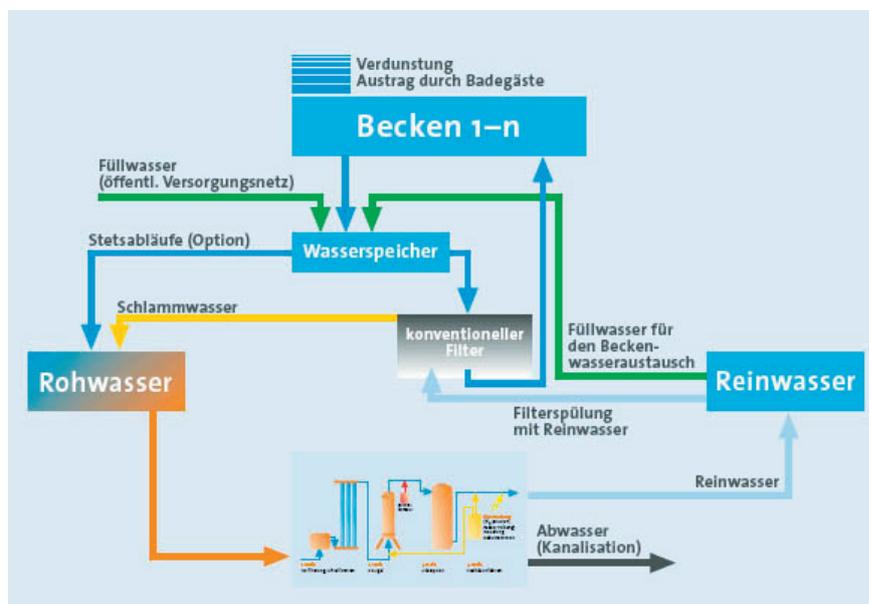


Abb.19  
Einbindung in Schwimmbadsystem  
Quelle: www.aquarec.de

### 3. Schematischer Aufbau der Anlagen

Um die Anlagen vergleichen zu können, beschränken wir uns nun auf die Anlagen, die den gleichen Zweck haben, in Ein- oder Mehrfamilienhäusern Betriebswasser zu nutzen.

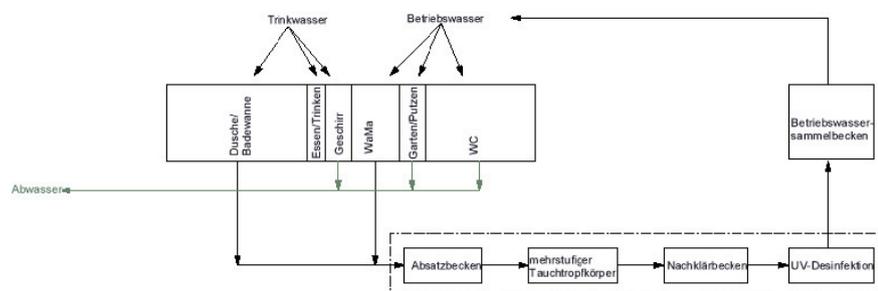


Abb.20  
Grauwasseraufbereitungsanlage  
Quelle: eigene Darstellung

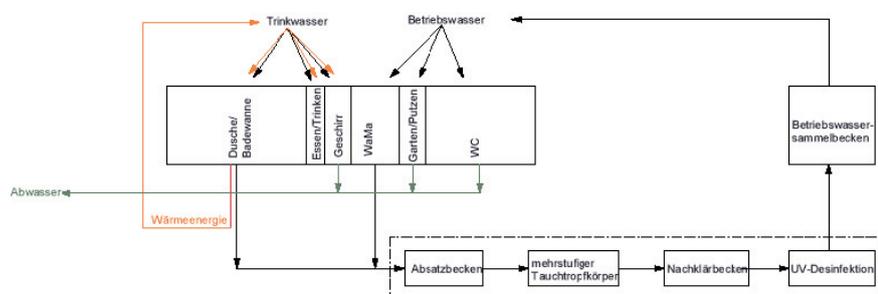


Abb.21  
Grauwasseraufbereitungsanlage mit  
Wärmerückgewinnung  
Quelle: eigene Darstellung

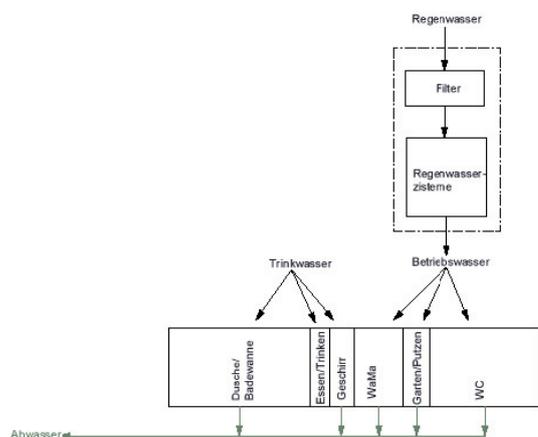


Abb.22  
Regenwasseraufbereitungsanlage von  
Dachablaufwasser  
Quelle: eigene Darstellung

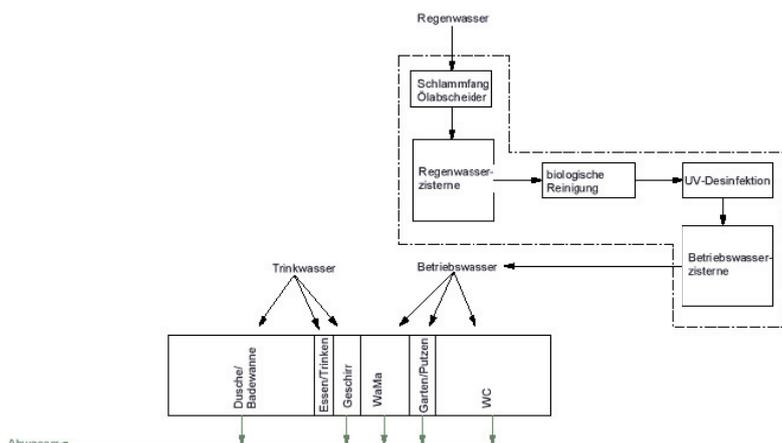


Abb.23  
Regenwasseraufbereitungsanlage von  
Oberflächenwasser  
Quelle: eigene Darstellung

#### 4. Analysen

Nachdem alle Anlagen durch einheitliche Darstellungsweise und Sammlung aller wichtigen Kosten- und Verbraucherdaten vergleichbar gemacht wurden, werden sie in mehreren Schritten analysiert. Im Anschluss werden Vor- und Nachteile als Ergebnis zusammengefasst.

##### 4.1 Lebenszyklusanalyse

Um die Anlagen genau einordnen zu können, muss die Zeit vor und nach der Nutzungsperiode mitbetrachtet werden. Vor allem bei Betrachten des ökologischen Wertes einer Wasseraufbereitungsanlage ist wichtig, wie viel Energie- bzw. Rohstoffaufwand zur Bereitstellung und zum Abbau der Anlage betrieben werden muss.

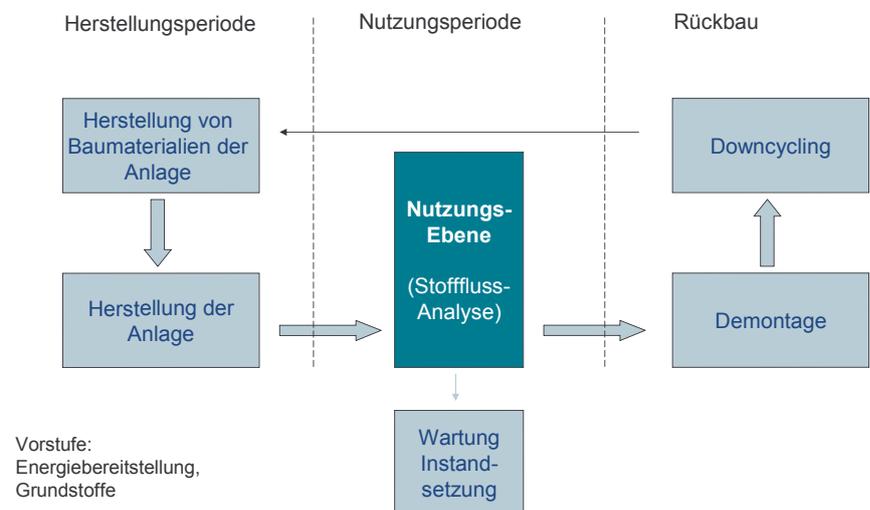


Abb.24  
Lebenszyklusanalyse  
Quelle: eigene Darstellung

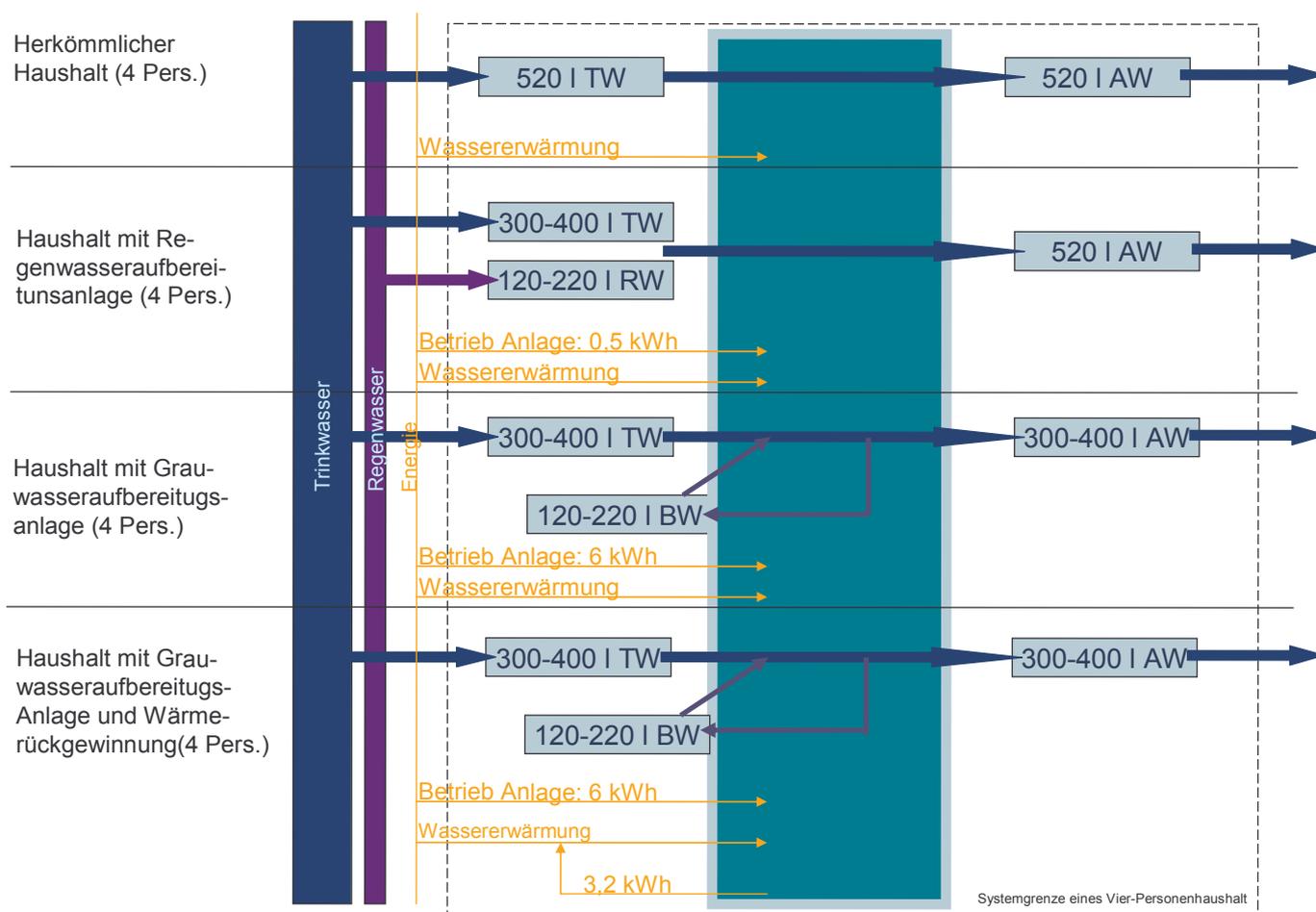
Durch den Aufwand in der Herstellungsperiode, für die Herstellung von Baumaterialien und der Anlage selbst, ändert sich die Gesamtenergiebilanz erheblich. Auch die Vorstufe der Energie- und Grundstoffbereitstellung darf nicht außer Betracht gelassen werden.

Außerdem werden Rohstoffe verbraucht, die in der Rückbauphase eventuell nicht mehr vollständig getrennt und zurückgeführt werden können. Während der Nutzungsphase fallen ebenfalls ausgetauschte Bauteile an, die recycelt werden müssen.

Da Kosten und Energiewerte für diese Parameter schwer zu erhalten sind, wird im folgenden Diagramm der Stofffluss differenzierter innerhalb der Nutzungsperiode der Anlagen untersucht.

##### 4.2 Stoffflussanalyse

Die Regenwasseraufbereitungsanlage substituiert, genauso wie die Grauwasseraufbereitungsanlage ca. 200 Liter Trinkwasser. Bei der Grauwasseraufbereitungsanlage wird jedoch auch der Abwasseranfall gesenkt, da hausinternes Grauwasser wieder verwendet wird. Für diesen Filtervorgang ist jedoch ein höherer Energieaufwand nötig, da er aufwendiger als die Reinigung des relativ sauberen Regenwassers ist.



Ist die Grauwasseraufbereitungsanlage mit einer Wärmerückgewinnungsanlage gekoppelt, werden außerdem täglich 3,2 kWh Energie aus bereits erwärmtem Wasser gewonnen und somit verringert sich der Energiebedarf des gesamten Haushalts.

Abb.25  
Stoffflussanalyse  
Quelle: eigene Darstellung

### 4.3 Trink- und Abwassermengen

Das Diagramm stellt den Trinkwasserverbrauch und die anfallende Menge Abwasser bei Verwendung von einer Regenwassernutzungsanlage, einer Grauwassernutzungsanlage und einem herkömmlichen Haushalt ohne zusätzliche Anlage dar.

Ein herkömmlicher Vier-Personen Haushalt benötigt etwa 520 Liter Trinkwasser pro Tag, die gleiche Menge wird wieder ins Abwasser geleitet. Bei einer Regenwassernutzungsanlage lässt sich erkennen, dass nur 320 Liter Trinkwasser pro Tag verbraucht werden. Das ist eine Einsparung von 200 Litern Trinkwasser im Gegensatz zu einem herkömmlichen Haushalt. Die Abwassermenge ist dabei dieselbe wie bei einem normalen Haushalt, da das eingespeiste Regenwasser genauso in den Abwasserkreislauf geführt wird wie verwendetes Trinkwasser.

Die Grauwasseranlage hingegen spart 200 Liter Trink- und 200 Liter Abwasser ein. Dies ergibt sich aus der Zweifachnutzung des Trinkwassers durch die Grauwasseraufbereitungsanlage. Die Differenz von Abwasser zu Trinkwasser wirkt sich jedoch nicht finanziell aus, da die Abwasserkosten nach dem Verbrauch des Trinkwassers berechnet werden.

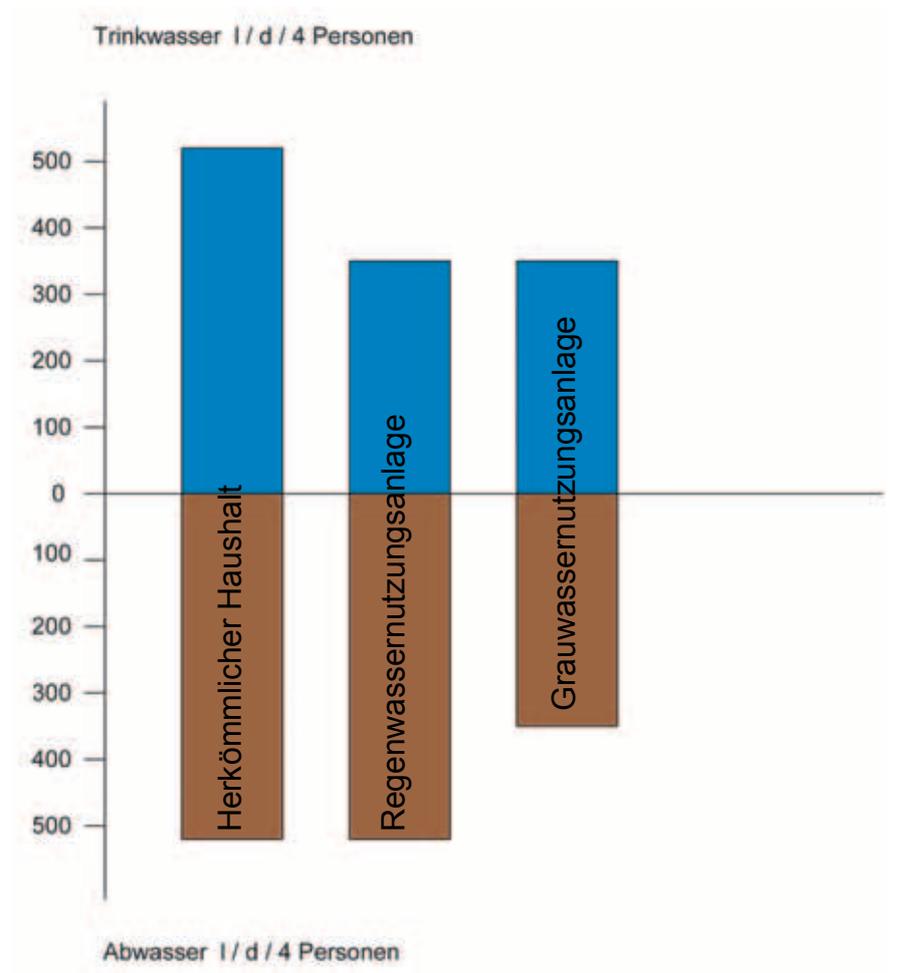


Abb.26  
 Vergleich des Wasserverbrauchs beim Einsatz von Regen- oder Grauwassernutzungsanlagen  
 Quelle: eigene Darstellung

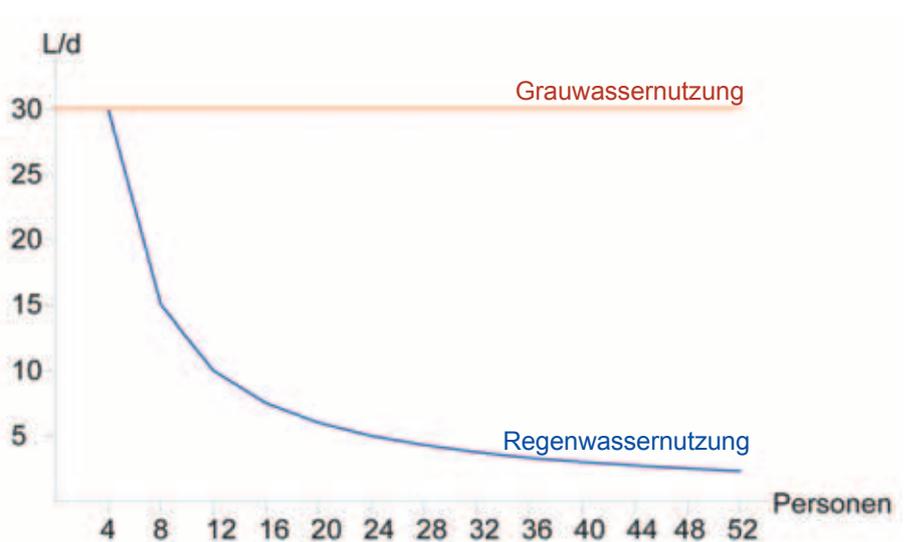


Abb.27  
 Vergleich Regen- und Grauwassernutzung in Abhängigkeit der Personenanzahl  
 Quelle: eigene Darstellung

### 4.4 Bedarfsdeckung

Wenn man eine Regenwasseranlage mit einer Grauwasseraufbereitungsanlage in Bezug auf die Bedarfsdeckung vergleicht kann man erkennen, dass eine Regenwasseranlage nur für einen Vier-Personen Haushalt wirklich rentabel ist, wenn man von einer 100qm Dachfläche ausgeht. So kann bei steigender Bewohnerzahl und gleich bleibender Dachfläche ein immer geringerer Wert Regenwasser pro Person genutzt werden, dass das zugeführte Trinkwasser ersetzt.

Bei einer Grauwasseraufbereitungsanlage sieht es hingegen anders aus. Hier ergibt sich ein ausgleichendes Verhältnis zwischen dem anfallenden Grauwasser und dem benötigten Betriebswasser.

Jede Person produziert ebensoviel Grauwasser, wie sie nach der Reinigung durch die Grauwasseraufbereitungsanlage Betriebswasser nutzen kann. So rentiert sich eine Grauwasseranlage unabhängig von der Zahl der Bewohner.

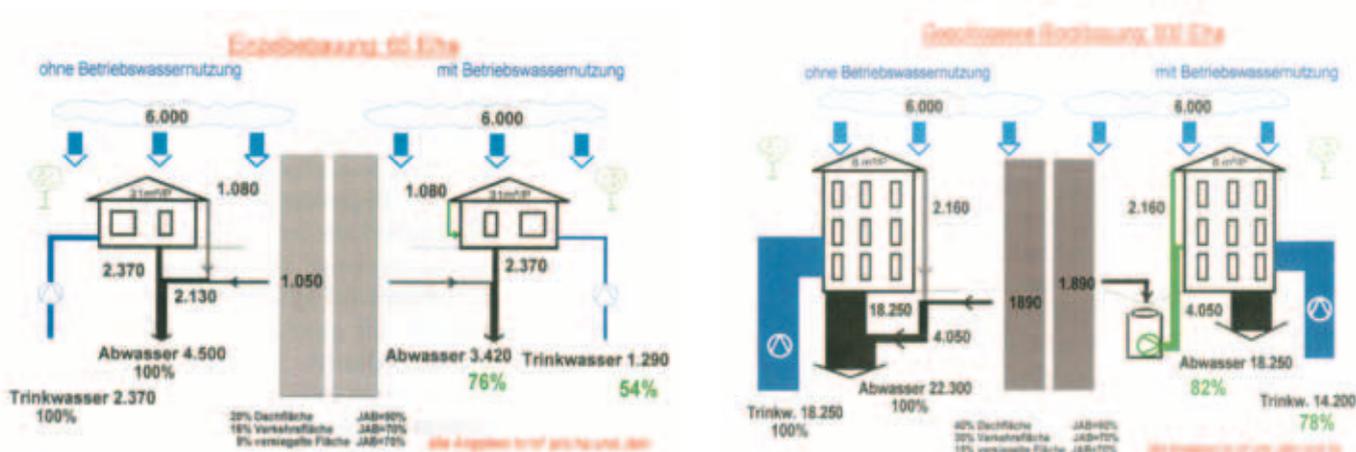


Abb.28  
Deckungsbedarf Mehrfamilien- und Einfamilienhaus  
Quelle: Seelig-Morell, Tamara, InfoForum Regenmanagement - Regenwasserbewirtschaftungssysteme in Berlin und Brandenburg, Berlin, 2000

### 5. Wirtschaftlichkeit der Anlagen im Vergleich

Unter Einbeziehung der Trink-, Abwasser- und Niederschlagabwassergebühr, der Investitionskosten und der Betriebskosten werden im folgenden die Kosten der Anlagen verglichen und ausgewertet in welchem Zeitraum sich die jeweiligen Anlagen amortisieren.

#### 5.1 Kostenaufstellung

Die Kosten für Trink- und Abwasser ergeben sich aus dem Trinkwasserverbrauch eines Vier-Personen Haushaltes. Zu einer Trinkwassergebühr von 2,214 €/cbm wird eine Abwassergebühr von 2,452 €/cbm gerechnet, unabhängig davon, wieviel Abwasser tatsächlich anfällt.

Abb.29  
Kostenvergleich Betriebswasseranlagen  
Quelle: eigene Darstellung

	herkömmlicher Haushalt	Regenwasseraufbereitung	Grauwasseraufbereitung	Grauwasseraufbereitung mit Wärmerückgewinnung
Trink- und Abwasser	886	545	545	545
Anschaffung Anlage	0	3600	4390	5950
Niederschlagwassergebühr	225	0	225	225
Betriebskosten Anlage	0	51	25	-250
Gesamtkosten 1.Jahr	1111	4196	5185	6470
Gesamtkosten 2.Jahr	1111	596	795	520

Es gibt in jedem Haushalt nur einen Wasserzähler, der sich am Trinkwasser orientiert. Die Investitionskosten für eine Regenwasseraufbereitungsanlage sind im Vergleich zu den Grauwasseraufbereitungsanlagen gering, dafür sind die Betriebskosten höher.

Die Betriebskosten beinhalten sowohl den jährlichen Stromverbrauch der Anlagen selbst als auch den Wartungsaufwand. Eine Regenwasseraufbereitungsanlage muss selten gereinigt werden, eine Grauwasseraufbereitungsanlage dagegen nie. Die Betriebskosten der Grauwasseraufbereitungsanlage mit Wärmerückgewinnung haben wir im negativen Bereich festgelegt, da die Anlage weniger Energie verbraucht, als sie abgibt. Man spart in dem Fall Kosten für die Energie zur Wassererwärmung.

Die Niederschlagabwassergebühr wird nur bei Nutzung einer Regenwasseraufbereitungsanlage eingespart. Diese Gebühr von 1,479 € wird einmal im Jahr pro qm versiegelte Fläche berechnet. Es gibt sie erst seit Januar 2000 und gilt sie nur für Berlin. Man kann sich nur von der Niederschlagabwassergebühr befreien, wenn man das Regenwasser als Betriebswasser verwendet oder selber eine Versickerungsmöglichkeit auf dem Grundstück schafft.

## **5.2 Amortisation**

Die diagrammatische Kostenaufstellung geht von den vorhergegangenen Tabellenwerten aus. Wir gehen davon aus, dass die gesamten Investitionskosten auf einmal gezahlt werden, so dass wir keine Zinsen für Darlehen miteinbeziehen. Die Kosten der darauf folgenden Jahre haben wir gleichmäßig berechnet.

Wenn man die Trink-, Ab- und Niederschlagsabwassergebühren sowie die Stromkosten der letzten Jahre betrachtet ist ein deutlicher Preisanstieg zu verzeichnen, der wahrscheinlich auch in den nächsten Jahren zu bedenken ist.

Am schnellsten, schon nach etwa sieben Jahren, hat sich eine Regenwassernutzungsanlage amortisiert, da ihre Investitionskosten verhältnismäßig gering sind. Ob die darauf folgenden Jahre wirklich so viel günstiger sind hängt auch davon ab wieviel es regnet und wieviel Trinkwasser nachgespeist werden muss.

Bei der Grauwasseraufbereitungsanlage lohnt sich die Investition in die zusätzliche Anlage zur Wärmerückgewinnung deutlich. Am Anfang sind die Kosten zwar hoch sie amortisieren sich nach zehn Jahren und dann ist diese Anlage wesentlich günstiger als die herkömmliche Wassernutzung.

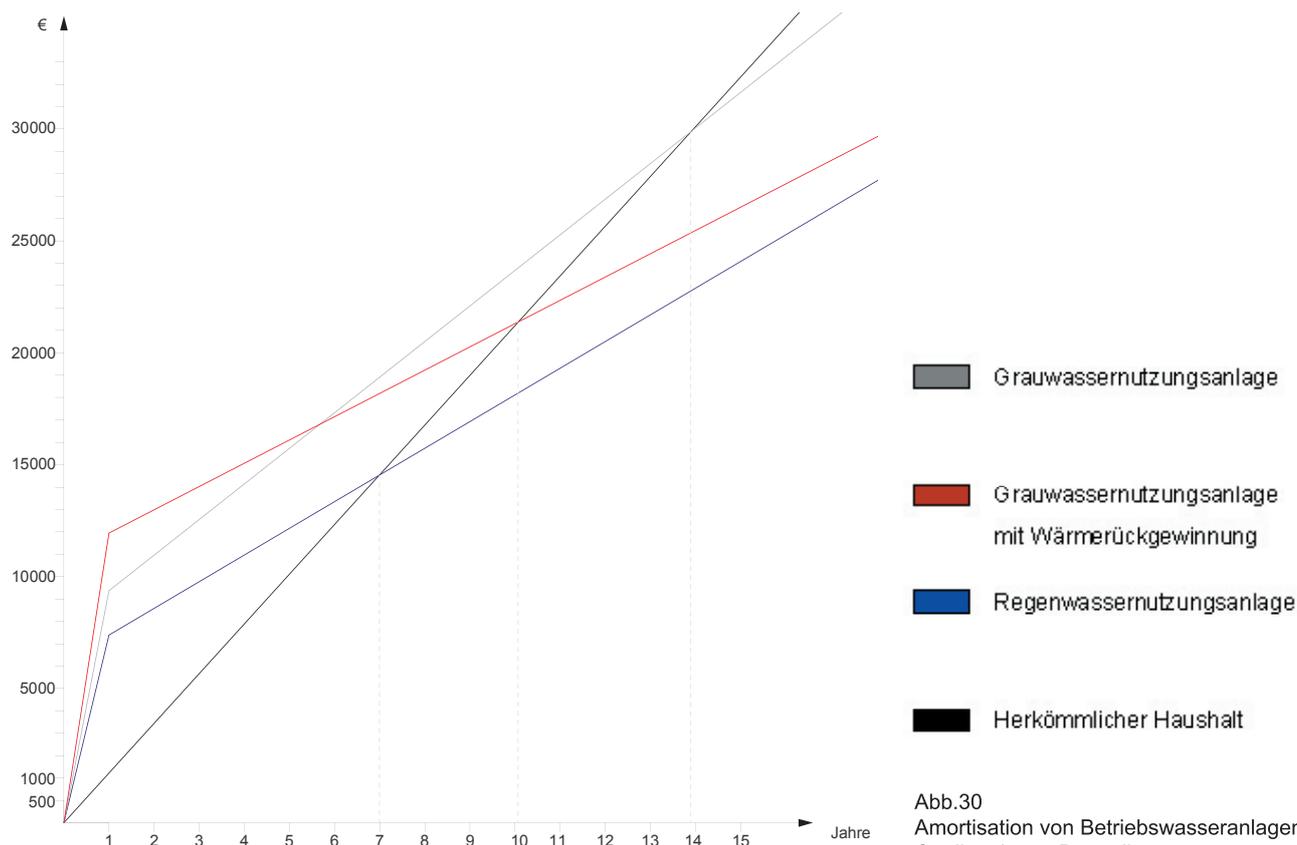


Abb.30  
Amortisation von Betriebswasseranlagen  
Quelle: eigene Darstellung

## 6. Auswirkungen

Der Einsatz von Regenwasser- und Grauwasseraufbereitungsanlagen zieht zahlreiche positive wie auch negative Folgen nach sich. Man kann diese grob in zwei Aspekte unterteilen, zum einen die ökologischen Auswirkungen und zum anderen die ökonomischen. Dabei lassen sich diese zwei Bereiche auf unterschiedliche Bezugssysteme anwenden; einmal den gesamtstädtischen Kontext, den landesweiten Bezugsrahmen und jener der sich auf die ganze Welt bezieht.

Hier werden nun zuerst anhand von Berlin die kleinmaßstäblichen Auswirkungen genannt. Dabei treten aus ökonomischer Sicht bei der Anwendung von Regenwasser- und Grauwasseraufbereitungsanlagen in erster Linie Probleme bei der Instandhaltung der Trinkwasser- und Abwasserrohre auf. Dadurch dass bei der Regenwasseranlage weniger Trinkwasser zugeführt werden muss, da für bestimmte Bereiche wie Waschmaschine und Toilettenspülung Trinkwasser durch Regenwasser substituiert werden kann, besteht eine geringere Nutzung des Trinkwasserrohrnetzwerkes. Bei der Grauwasseraufbereitung sieht es durch die zweifache Nutzung des Trinkwassers ähnlich aus. Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Haushalt ohne zusätzliche Aufbereitungsanlagen wird sowohl bei der Regen- als auch bei der Grauwasseraufbereitungsanlage außerdem weniger Abwasser verursacht.

Da die Wasserrohre aber auf einen stetigen Zu- und Abfluss angewiesen sind um nicht zu verkalken oder zu verschmutzen besteht leicht die Gefahr, dass bei einer geringeren Wassermenge die Durchspülung zur Selbstreinigung nicht ausreicht. Es müssten daher entweder enorme

Kosten aufgebracht werden um das Gesamtnetz in diese Richtung hin umzustellen oder andere Reinigungsmöglichkeiten müssten eingesetzt werden. Da diese aber einen Kostenaufwand wenn nicht sogar einen ökologischen Schaden verursachen ist bis jetzt noch keine Umstellung verordnet worden.

Ein weiterer Punkt sind die ökonomischen Folgen die auf die Wasserwerke zukommen, da sie auf den Absatz ihres aufbereiteten Trinkwassers angewiesen sind um ihren technischen Aufwand mit Betriebs- Wartungs- und Mitarbeiterkosten finanzieren zu können. Des Weiteren haben sie keine Möglichkeit das aufbereitete Trinkwasser zu lagern.

Die Wasserwerke sind in ihrer Strukturierung darauf ausgerichtet, dass das aufbereitete Trinkwasser sofort nach der Aufbereitung weiter in die Haushalte geleitet und keine Zwischenlagerung nötig wird. Wie oben schon genannt, wären dafür Umstrukturierungsmaßnahmen erforderlich, die sich sowohl mit dem Umbau eines Wasserwerkes auseinandersetzen müssten als auch mit der hygienischen Lagerung, da Trinkwasser ohne chemischen Zusätze nicht aufbewahrt werden kann. Die ökonomischen Probleme der Klärwerke sind dazu vergleichbar, auch sie sind auf einen hohen Abwasseranteil angewiesen um ihre Kosten decken zu können.

Den ökonomischen Problemen die bei dieser Art der Wasseraufbereitung entstehen, können allerdings positive, ökologische Aspekte entgegengesetzt werden. Da diese aber in einem größeren Maßstab betrachtet werden müssen, werden sie oft als zu langfristig und abstrakt gesehen und verhindern so eine schnelle Umsetzung von alternativen Wasseraufbereitungsanlagen.

Ein Problem, das bei dem immer höheren Verbrauch von Trinkwasser entsteht, ist die fehlende Regenerationszeit die das Abwasser braucht um wieder als Trinkwasser verwendet werden zu können. Der natürliche Kreislauf des Wassers wird dabei immer mehr aus dem Gleichgewicht gebracht, so dass man wegen einer fehlenden natürlichen Klärung, die durch das Flussbett entsteht, einen größeren chemischen Aufwand zur Säuberung des Abwassers betreiben muss. Durch die immer kürzer werdenden Abstände, in denen Abwasser zu Trinkwasser wird, lassen sich in Berlin sogar mittlerweile Arzneimittelrückstände in nachweisbaren Konzentrationen sowohl in Oberflächengewässern als auch in einigen Grundwasserbrunnen feststellen. In dem das Abwasser durch die Regen- und Grauwasseraufbereitungsanlage geringer gehalten wird können die Gewässer entlastet werden und sich leichter regenerieren.

Speziell auf Berlin bezogen kann durch eine Regenwasseraufbereitungsanlage die Mischkanalisation entlastet werden. Das Risiko eines direkten Überlaufens bei starkem Regenfall in die Flüsse, kann durch das Verwenden von Regenwasser im Haushalt verringert werden.

Ein weiterer Aspekt der für das ökologische Gleichgewicht der ganzen Welt von großem Nutzen ist, ist die generelle Förderung einer Weiterentwicklung solcher alternativer Wasseraufbereitungsanlagen. Diesen wird von den Industrieländern immer größere Beachtung geschenkt je mehr Menschen sich dafür interessieren und sich für den Kauf einer solchen Anlage entscheiden. Diese Anlagen können für Länder, die mit großer Wasserknappheit auskommen müssen von Vorteil sein.

## 7. Fazit

Nach den Analysen von Grau- und Regenwasseranlagen versuchen wir unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Fallbeispielen ein zusammenfassendes Ergebnis zu skizzieren.

Dabei betrachten wir zuerst ein Einfamilienhaus mit großer Grundstücksfläche und am Stadtrand. Für diesen Fall kann eine Regenwasseraufbereitungsanlage als beste Investition gesehen werden. Bei einem Einfamilienhaus stehen die Flächen, die zur Regenwassergewinnung verwendet werden in einem sinnvollen Verhältnis zum Pro-Kopf-Wasserverbrauch der Bewohner. So kann sowohl der Wasserbedarf von Toilette und Waschmaschine als auch der zur Gartenbewässerung mit aufbereitetem Regenwasser gedeckt werden.

Zusammenfassend lässt sich für dieses Beispiel sagen, dass sich hier die Regenwasseraufbereitungsanlage eher lohnt als eine Grauwasseranlage, da sie sich zur Wassergewinnung auf die versiegelte Flächen bezieht und in keinem proportional abhängigen Verhältnis der Hausbewohner steht. Eine Grauwasseranlage hingegen kann immer nur soviel Betriebswasser produzieren wie Grauwasser anfällt. Sobald es also eine außergewöhnlich große Gartenfläche gibt, reicht der Grauwasseranfall nicht aus um den Betriebswasser zu decken.

Eine Grauwasseranlage ist in einem reinen Stadthaus ohne zusätzliches Grundstück sinnvoller, da sich hier nicht genügend Fläche befindet die das Bedürfnis der Bewohner an Wasser mit dem Auffangen von Regenwasser decken kann. Außerdem gibt es hier keine größeren Fläche die bewässert werden müssen, so dass der Vorteil einer Grauwasseranlage, dass das anfallende Grauwasser ausreicht um den Bedarf an Betriebswasser zu decken, gut genutzt werden kann, dies funktioniert unabhängig von der Anzahl der Bewohner gleich bleibend.

Ein weiterer Vorteil wäre dann, dass bei einem Mehrfamilienhaus die Investitionskosten pro Person, durch die Beteiligung mehrerer Parteien, schnell zu einer Amortisation führen. Die Einsparung der Niederschlagabwassergebühr, die nur für Berlin gilt, durch Regenwassernutzung ist nur relevant, z.B. bei einem Zwei- Dreifamilienhaus im städtischen Bereich, wo es viel versiegelte Fläche im Verhältnis zur Personenzahl gibt, im ländlichen Bereich kann man dieser auch mit Versickerungssystemen auf dem Grundstück entgehen. Wenn man allein vom der Wasserverbrauch eines Ein- bis Dreifamilienhaushalt ausgeht, haben Grau- und Regenwassernutzungsanlagen ähnliche Vorteile. Kosten- und Energiespartechnisch liegt die Grauwasseranlage jedoch wieder vorn wenn sie in Kombination mit einer Wärmerückgewinnungsanlage verwendet wird.

Bei allen Investitionen kann man sagen, dass sie eher bei einem Neubau oder einer ohnehin vorgesehenen Komplettsanierung in Frage kommen. Der Aufwand des Geräteeinbaus und der Verlegung neuer Leitungen steht nicht im Verhältnis zum Gewinn.

Dieser eher ökonomischen Betrachtung steht natürlich wieder eine ökologische entgegen. Auch wenn die Trinkwassereinsparung durch Wasseraufbereitungsanlagen im Verhältnis zum gesamten Wasserverbrauch innerhalb des Systems Stadt verschwindend gering ist, ist sie immerhin ein kleiner Beitrag den Gewässern mehr Zeit zur Regeneration zu geben. Die im Jahr 2000 eingeführte Niederschlagabwassergebühr, ist vielleicht hauptsächlich zum Zweck die Berliner Haushaltslöcher zu stopfen, hat

aber auch den Hintergrund, dass es in Großstädten zu viele versiegelte Flächen gibt. So ist jeder Haushalt dazu verpflichtet sich Gedanken über

das anfallende Regenwasser zu machen, und ob es nötig ist, es durch die Mischkanalisation zu verunreinigen und später wieder zu reinigen. Es ist auch eine Frage des verantwortungsvollen Umgangs mit Ressourcen wofür eine Trinkwasserqualität wirklich notwendig ist.

### **Quellen**

Bredow, Wolfgang, Regenwasser-Sammelanlage, Ökobuch, Staufen bei Freiburg i.Br, 1988

Bullermann, Martin, Grau- und Regenwassernutzung Kassel-Hasenhecke Darmstadt, 2001

Deutsche Meerwasser Entsalzung e.V.  
Bismarckstraße 120 | 47057 Duisburg  
Tel: 0203 4250 | Fax: 0203 4255  
E-Mail: office@dme-ev.de | www.dme-ev.de

Fischer & Heilig, 1997

Hofstätter, Andrea, Grauwasser-Recycling : [Fachtagung der fbr 1999] / Hrsg.: Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr). [Red.: A. Hofstätter]. - Darmstadt : fbr, 1999

IDA 2002 Membership Directory

König, Klaus Werner, Regenwasser in der Architektur, Ökobuch, Staufen bei Freiburg in Br., 1996.

Mertes, Claus R., Nachhaltige Wasserquellen durch Meerwasserentsalzung, RWE Aqua

Mönninghoff, Hans [Hrsg.]: Wege zur ökologischen Wasserversorgung, Staufen bei Freiburg/Br., Ökobuch, 1993

Owais, Abdalla H. M., Solare Meerwasserentsalzung, 1997

Seelig-Morell, Tamara, InfoForum Regenmanagement - Regenwasserbewirtschaftungssysteme in Berlin und Brandenburg, Berlin, 2000

Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.); Merkblatt: „Betriebswassernutzung in Gebäuden“; Berlin, 1995

[www.aquarec.de](http://www.aquarec.de)  
[www.aquatronic.info](http://www.aquatronic.info)  
[www.bewag.de](http://www.bewag.de)  
[www.dasumwelthaus.de](http://www.dasumwelthaus.de)  
[www.bwb.de](http://www.bwb.de)  
[www.fbr.de](http://www.fbr.de)  
[www.pontos-online.de](http://www.pontos-online.de)