



Hans-Martin Mulisch, Werner Winter

Ressource Trinkwasser

Wissen, was wir trinken

 oekom

Hans - Martin Mulisch, Werner Winter
Ressource Trinkwasser
Wissen, was wir trinken
ISBN 978-3-86581-477-7
240 Seiten, 16,5 x 23,5 cm, 19,95 Euro
oekom verlag, München 2014
©oekom verlag 2014
www.oekom.de

Wenn ein Spülkasten gar rinnt, weil die Dichtung nicht regelmäßig ausgetauscht wird, dann verbraucht dieser pro Tag mehr als 200 Liter Trinkwasser. Es gibt mehrere Möglichkeiten, wie man den Spülkasten sparsamer macht. Zunächst sollte man nachsehen, wie man die Höhe des verbleibenden Restwassers verändern kann. Eine andere einfache Möglichkeit das Füllvolumen zu verringern ist, eine mit Sand gefüllte Plastikflasche (vorher Etikett entfernen) in den Spülkasten zu legen. Weiterhin gibt es spezielle Einhängegewichte für Spülkästen im Handel, die in das Überlaufrohr oder an dem Hebelarm gehängt und der Spülvorgang schneller nach dem Loslassen der Spültaste gestoppt wird. Die teuerste Möglichkeit ist, den alten Spülkasten durch einen Neuen besonders sparsamen mit zusätzlicher Spülstopptaste zu ersetzen.

- Ein erfreulicher Trend ist, dass die handelsüblichen Haushaltsgeräte immer wassersparender werden, so dass sich Neuanschaffungen in Kombination mit einer erhöhten Energieeffizienz und -einsparung schon nach wenigen Jahren bezahlt machen. So ist durch Effizienzsteigerungen von Waschmaschinen der Wasserverbrauch pro Waschgang in den letzten dreißig Jahren von 180 Litern auf unter 35 Liter zurückgegangen. Verzichten Sie auch auf eine Vorwäsche, wenn die Wäsche nicht wirklich sehr schmutzig ist und beladen Sie die Waschmaschine immer voll. Prüfen Sie auch, ob das Waschen mit Regenwasser für Sie möglich ist. Das hat den Vorteil, wesentlich weniger Waschmittel zu verbrauchen, da das Regenwasser sehr weich ist und die Maschine nicht verkalkt. Der Nachteil liegt in der Hygiene: Regenwasser enthält, wie wir wissen, Schwebstoffe und Mikroorganismen.
- Moderne Geschirrspülmaschinen verbrauchen heute weniger als zwei Litern Wasser pro Spülgang.
- Die Nutzung von Regenwasser oder sogar Grauwasser für die Waschmaschinen oder die Toilettenspülung kann zwar ganz erheblich Wasser im Haushalt einsparen, es bleibt allerdings - wie bereits oben erwähnt - ein hygienisches Problem, insbesondere wenn es Kinder im Haushalt gibt. Daran ändert auch die geforderte strikte Trennung von Trinkwasser und Nicht-Trinkwasser in der Hausinstallation nichts. Für die Gartenbewässerung ist Regenwasser allemal bestens geeignet!

Wasserversorgung in Deutschland

Von Ausnahmen abgesehen - wie zum Beispiel die Fernwasserversorgung im Harzvorland oder auch die Wasserversorgung aus dem Bodensee - wird in Deutschland eine

ortsnahe Wasserversorgung bevorzugt, die darauf abzielt, den Weg von der Wassergewinnung bis zum Verbraucher möglichst kurz zu halten.

In Deutschland stammen 64 Prozent des Trinkwassers aus Grundwasser, 27 Prozent aus Oberflächenwasser und der Rest von 9 Prozent aus Quellwasser. Grundwasser fördert man aus Tiefen von mehreren Metern bis zu über 200 Metern. Wasser aus Gewässern, Talsperren und Seen bilden das Oberflächengewässer, während Quellwasser selbst zu Tage tritt. In Haushalten, Gewerben und Betrieben einer Stadt anfallende kommunale Abwässer müssen einer Reinigung unterzogen werden, damit man sie wieder unbeschadet dem Wasserkreislauf anvertrauen kann. Nachstehend soll die Wasserversorgung und Abwasserbehandlung zweier deutscher Städte näher untersucht werden. Dazu haben wir die Hauptstadt Berlin mit 3,4 Mio. Einwohnern und die zweitgrößte Stadt Deutschlands, nämlich Hamburg mit 1,75 Mio. Einwohnern laut Statistischen Landesämtern mit Stand von 2006, ausgewählt.

Beispiel 1: Berlin

Bereits im 16. Jahrhundert gab es vereinzelt die Möglichkeit, fließendes Wasser im Haus zur Verfügung zu haben. Die erste schriftlich belegte Berliner Wasserleitung, damals noch mittels hölzerner Rohre und metallischen Verbindungsstücken existierte 1572 unter dem Bürgermeister Johann von Blankenfelde. Später wurde Spreewasser gefördert, um die Rinnsteine von Kot und Unrat sauber zu spülen. Die Abwässer gelangten ungereinigt in die Vorfluter und bald zeigten sich die Folgen einer immer stärker werdenden Abwasserlast (Schua, 1962). Dies ist einem Gedicht von Friedrich Rückert (1788 - 1866) zu entnehmen:

*Der Spree ist's weh,
sie kann sich nicht entschließen,
in Berlin hindurchzufließen,
wo die Gossen sich ergießen.
Wer mag es ihr verdenken?
Sie möchte lieber, wenn sie dürft', umlenken.
Hindurch doch muss sie schwer beklommen.
Sie kommt beim Oberbaum¹ herein,
rein wie ein Schwan, um wie ein Schwein
bei Unterbaum herauszukommen.*

¹ Oberbaum war die östliche und Unterbaum die westliche Begrenzung bezüglich der Spree für das damalige Stadtgebiet

Es war also an der Zeit, dem Beispiel der englischen Ingenieure folgend, sowohl eine umfassende Versorgung der Berliner mit Trinkwasser als auch nachfolgend eine Entsorgung der anfallenden Abwässer zu organisieren. Bis dahin waren im 19. Jahrhundert die Toiletten gleich neben den hauseigenen Brunnen. Im günstigsten Fall konnte man die Abwässer in ein Gewässer ableiten, oder man ließ sie einfach neben dem Haus im Untergrund versickern. So trank man, ohne sich der Konsequenzen bewusst zu werden, sein nur schwach geklärtes Abwasser. Die Folgeerscheinung: Damals war die Cholera genau so verbreitet wie heute die Grippe.

Nach Abschluss eines Vertrages der Preußischen Staatsregierung mit dem englischen Unternehmer Fox und Crampton über die Versorgung der Stadt Berlin mit fließendem Trinkwasser wurde im Jahr 1856 das erste Wasserwerk vor dem Stralauer Tor an der Spree unweit der Oberbaumbrücke (heute S- und U-Bahnhof Warschauer Straße) in Betrieb genommen. Jahre später mussten infolge der Verschlechterung der Spreewasserqualität und wegen Überalterung von Filtern und Maschinen Möglichkeiten der Bereitstellung von Wasser außerhalb des damaligen Stadtkerns gesucht werden. So wurden in den Jahren 1887 und 1893 die heute noch größten Wasserwerke Berlins in Tegel am Tegeler See und in Friedrichshagen am Müggelsee in Betrieb genommen.

Der Abwasserpionier der damaligen Zeit war Herr Hobrecht (heute noch gibt es Hobrechtswald im Norden von Berlin). Er organisierte und errichtete in den 70-iger Jahren des 19. Jahrhunderts die erste Kanalisation für Berlin. Ziel der Entwässerung war die Reinigung aller Abwässer auf Rieselfeldern außerhalb des Stadtgebietes.

Basis der heutigen Wasserversorgung der Hauptstadt ist ausschließlich das sogenannte Berlin-Warschauer-Urstromtal, das sich in einer breiten Fläche während der letzten Eiszeit ausgebildet hat. Es besteht aus einer mächtigen Schicht aus Wasser, Sand, Geschiebemergel und Ton. Das Grundwasser, das breit und langsam dahin fließt, reicht von wenigen Metern bis zu einer Tiefe von 200 Metern und mehr. Es wird gespeist von Regenwasser, Sickerwasser von Spree, Havel, Panke, Seen und Kanälen sowie gereinigten Abwässern. Fast 60 km² der insgesamt 883 km² Berlins sind von Wasser überzogen. Daher hat Berlin seinen Namen; nicht vom Bär, wie er im Stadtwappen vorkommt, sondern abgeleitet vom slawischen Begriff „berl“, was „Sumpflandschaft“ bedeutet. Dieser Wasserreichtum war die Voraussetzung für die ersten Ansiedlungen vor über 800 Jahren.

Begonnen hatte die zentrale Versorgung mit dem Anlagen am Oberbaum und am Tegeler See. Erbaut von 1889 bis 1893 ging wie erwähnt das dritte städtische Wasserwerk Friedrichshagen in Betrieb. Es war damals das größte und modernste in Europa. Zuerst wurde hier nur Wasser aus dem Müggelsee genutzt, später nach 1909 kam noch

Grundwasser hinzu. Das alte Wasserwerk Friedrichshagen, ein Bau der märkischen Backsteingotik, dient heute als Museum.

Die Berliner Wasserbetriebe versorgen heute 3,7 Millionen Menschen in Berlin und Umgebung mit einem qualitativ guten aber harten Trinkwasser, das ständig überprüft wird, und behandelt das Abwasser von 3,9 Millionen Menschen, damit auch ein Teil außerhalb der Stadtgrenze (Möller, K. und Burgschweiger, J. (Hrsg.), 2008). Rund 800 Tiefbrunnen, von denen ca. 650 im aktiven Betrieb sind, fördern das Grundwasser aus 60 bis 120 Meter Tiefe zu den Wasserwerken, wo es nach Aufbereitung über 8.000 km Rohrlänge direkt oder mit dem Umweg Wasserspeicher, der als Puffer dient, zum Verbraucher gelangt. Waren es zu Beginn der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts noch 15 Betriebe, so versorgen heute noch 9 Wasserwerke Berlin und angrenzende Gebiete im Umland mit Trinkwasser. Sie liegen ausschließlich in ausgewiesenen Trinkwasserschutzzonen und weisen nachstehende durchschnittliche Wasserhärte auf den Grundlagen der Gruppenzuordnung auf Waschmittelverpackungen auf (vgl. Tabelle 1; s.a. Kapitel Physik und Chemie des Wassers).

Tabelle 1: Berliner Wasserwerke und die Härtebereiche des Wassers

Wasserwerk (mit abnehmender Förderleistung)	Härtegrad (in °dH = Grad deutscher Härte)	Härtebereich
Friedrichshagen	17,7	3 = hart
Tegel	17,5	3
Beelitzhof	14,9	3
Spandau	16,2	3
Stolpe	16,0	3
Tiefwerder	19,0	3
Wuhlheide	25,1	4 = sehr hart
Kladow	16,1	3
Kaulsdorf	19,5	3

Das aus dem Untergrund der Stadt gesaugte Rohwasser gelangt in die Wasserwerke und wird dort zunächst belüftet. Das geschieht in abgeschlossenen Druckkammern, aus denen das Wasser zwecks Anreicherung mit Luft fein verdüst wird. Durch den Sauerstoff der Luft werden im Rohwasser gelöste Eisen- und Manganverbindungen oxidiert, die sich anschließend allmählich abscheiden. Deren Abtrennung erfolgt über Schnellfilter, die aus einer etwa zwei Meter dicken Kies-/Quarzsandschicht besteht. Die Filtrationsgeschwindigkeit beträgt ca. 1 Meter pro Minute (Berliner Wasserbetriebe, 2013), (Berliner Wasserbetriebe, 2009).

Das so erhaltene Trinkwasser weist in allen Wasserwerken gute Qualität auf und entspricht der Trinkwasserverordnung. Eine Desinfektion durch Chlor, Ozon oder ultraviolette Bestrahlung ist in Berlin in der Regel überflüssig, kann aber bei Bedarf bzw. in Notfällen angewandt werden. Die neun Wasserwerke arbeiten im Verbund. Sollte ein Betrieb ausfallen, so können die übrigen das Manko spielend ausgleichen. Der Wasserbedarf der Verbraucher unterliegt im Laufe eines Tages starken Schwankungen. Bei geringem Verbrauch in der Nacht werden einige Wasserwerke zeitweilig abgeschaltet. Dagegen kann der Bedarf in den Abendstunden vor allem nach Fernsehfilmen oder Fußballländerspielen kurzfristig stark ansteigen. Überwacht und gesteuert wird das über eine zentrale Schaltwarte, die sich im Wasserwerk Friedrichshagen befindet. Im Gegensatz zu früheren Kalkulationen ist der Wasserverbrauch in den privaten Haushalten seit der Wiedervereinigung Berlins sukzessive gesunken. So betrug er 1991 noch 145 Liter pro Einwohner und Tag. In den Jahren 1997 und 2003 hat ein Berliner im Durchschnitt täglich nur noch 127 bzw. 125 Liter verbraucht. Und bis 2012 trat eine weitere Verminderung bis auf 110 Liter pro Einwohner und Tag ein. Diese Menge verteilt sich im Durchschnitt pro Einwohner und Tag auf

- 5,5 Liter beim Essen und Trinken
- 44 Liter bei der Körperpflege
- 33 Liter bei der Toilettenspülung
- 16,5 Liter beim Waschen und Geschirrspülen
- 11 Liter für Sonstiges (z.B. Putzen, Blumengießen, usw.)

Das kostete im Jahr 2012 exakt 25 Cent pro Tag.

Ein Problem bezüglich einwandfreier Trinkwasserqualität waren noch etwa 11.000 verbliebene Hausanschlüsse, die neben veralteten Armaturen, aus Bleirohren - wie früher üblich – bestanden bzw. bestehen. Das betraf in 58 Fällen auch Berliner Schulen speziell in den Bezirken Marzahn-Hellersdorf, Steglitz-Zehlendorf und Friedrichshain-Kreuzberg. Diese alten Trinkwasserhausanschlüsse waren bis zum Ende des Jahres 2013 auszuwechseln.

Infolge des sparsamen Umgangs mit Trinkwasser und einhergehend mit der Schließung vieler Industriebetriebe nach der politischen Wende sank der Wasserverbrauch vom Jahr 1989 mit 378 Millionen Kubikmeter auf derzeit 185 Millionen Kubikmeter. Musste früher bisweilen das Grundwasser mit Flusswasser aus der Spree und der Havel künstlich angereichert werden, haben heute viele unter einem steigenden Grundwasserspiegel zu leiden (Anker, J. und R. Köhler, 2013). So ist zum Beispiel im Regierungsviertel der Pegel seit dem Jahr 2000 um etwa 80 Zentimeter gestiegen. Desweiteren sind bereits in Kellern, Tiefgaragen usw. erhebliche Schäden zu verzeichnen. Hilfe könnte

eine Grundwasserregulierung durch Brunnen bringen. Konträr wäre die Senkung der Preise für Trinkwasser, um dessen Verbrauch zu fördern. Einer Studie zu Folge sind vorwiegend weite Teile des Berliner Urstromtals betroffen. Das durchzieht das Berliner Stadtgebiet vom Südosten nach Nordwesten, also Ortsteile von Köpenick, Biesdorf, Kaulsdorf und Mahlsdorf im Südosten sowie Lichtenberg, Friedrichshain und Berlin-Mitte im Zentrum und Spandau, Staaken, Tegel und Heiligensee im Nordwesten der Stadt (Senat von Berlin, 2013). Was also ist zu tun? Handlungsbedarf besteht überall dort, wo der Grundwasserstand bereits die Geländeoberkante zum Erdboden erreicht hat. Es muss also zusätzliches Wasser gefördert und abgeleitet werden, um den Grundwasserspiegel zu senken. Am günstigsten wäre, den Preis für das geförderte Leitungswasser deutlich zu senken und die Verbraucher zu bitten, damit nicht sparsam umzugehen. Das widerspricht zwar dem Umweltprinzip, aber in Berlin würde es helfen.

Bleibt noch die Frage nach der Herkunft des Berliner Trinkwassers zum heutigen Stand. Hierüber gibt Bild 2 Auskunft: Das Berliner Wasser stammt zu 54 Prozent aus Uferfiltrat bzw. künstlicher Grundwasseranreicherung und nur zu 32 Prozent aus natürlicher Grundwasserneubildung.

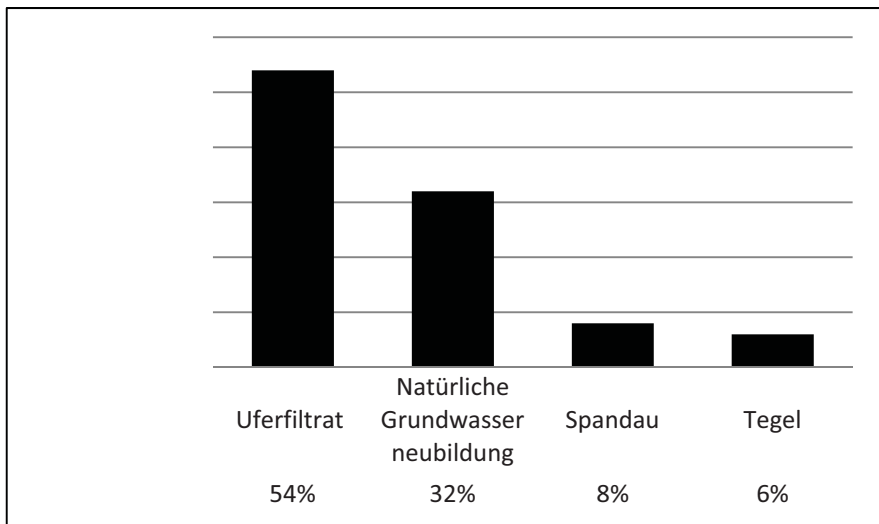


Bild 2: Herkunft des Berliner Trinkwassers

Quelle: (eigene Zusammenstellung)

Da die Gegend um Berlin im Vergleich zu anderen Deutschlands mit etwa nur fünfhundert Millimeter Niederschlag pro Jahr relativ trocken ist, erhebt sich die zusätzliche

Frage, ob der Klimawandel die Wassersituation in der Region verändern könnte. Da zudem von den Niederschlägen mehr verdunstet als im Boden zurückgehalten wird, stehen eine Reihe von Maßnahmen zur Diskussion, wie zum Beispiel

- Optimierung der Speicherung,
- Ersetzen der Nadelbäume in Berlin und Brandenburg durch Laubbäume, da diese erheblich weniger Niederschlag verdunsten lassen,
- Nutzung von gereinigten Abwässern für die Landwirtschaft,
- Spezieller Schutz der Trinkwasserressourcen.

Letzteres beinhaltet auch die Eliminierung von Schadstoffen im Grundwasser, die durch die Nutzung von Riesefeldern bis vor 30 bis 40 Jahren dorthin gelangt sind. Dies betrifft vor allem Friedrichshagen, wo man eine „biologische Oxidationswand“ mit einer Tiefe von 50 Metern und einer Länge von 800 Metern errichtet hat. Dadurch wird Sauerstoff in das unterirdische Terrain geleitet, wo ein biochemischer Abbau mittels Bakterien stattfinden soll.

Mit der organisierten Bereitstellung von Trinkwasser für die Berliner stand zeitgleich die Entwässerung aller betroffenen Haushalte an. Die offizielle Übernahme der erstellten Entwässerungsanlagen reicht bis in das Jahr 1878 zurück. Das anfallende Abwasser wurde zunehmend auf Rieselfelder am Rande der Stadt verbracht. Das erste Klärwerk ging 1919 in Wandsdorf westlich von Berlin in Betrieb. Hier wurde das Abwasser mechanisch geklärt und gelangte anschließend auf nachgeschaltete Rieselfelder. Mit der Stilllegung der bis dahin zugehörigen Rieselfelder ging 1998 in Wandsdorf ein Neubau mit einem Durchsatz von 40.000 Kubikmetern pro Tag ans Abwassernetz.

Wegen bereits damaliger gebietsweiser Überlastung von Riesefeldern entstand 1927 das Klärwerk Wassmansdorf vorerst mit einer Vorklärung. Nach Erneuerung und Ausbau im Jahr 1989 verzeichnete das Werk eine Leistung von 230.000 Kubikmetern pro Tag bei Trockenwetter. Vier Jahre nach der Inbetriebnahme des Wassmansdorfer Werkes kam die Kläranlage Stahnsdorf, ebenfalls im Süden von Berlin gelegen, mit 47.000 Kubikmetern pro Tag hinzu. Während der Mauerzeit entstand in West-Berlin 1963 das Klärwerk Ruhleben, das später eine 2. Ausbaustufe erhielt und somit insgesamt 247.500 Kubikmetern pro Tag bewältigen konnte. Die letzten beiden Klärwerke nahmen 1976 in Münchehofe und 1985 in Schönerlinde mit jeweils 42.500 bzw. 105.000 Kubikmetern pro Tag den Betrieb auf. Damit besitzt Berlin heute sechs Kläranlagen, die bei Trockenwetter 620.000 m³ Abwasser täglich reinigen. Inzwischen sind alle Betriebe modernisiert und weisen eine hohe Abbauleistung auf. Das Abwasserrohrnetz ist 8.000 km lang und darin tummeln sich dreimal so viele Kanalaratten wie Berlin

Einwohner aufweist. Das hängt auch damit zusammen, dass vielfach Essensreste in die Toilette oder Spüle gekippt werden.

Etwa 120 Tonnen Schlamm, die pro Tag in Klärwerken anfallen, werden entwässert und bei 800 °C verheizt. Der dabei entstehende Rest sind täglich 30 Tonnen Asche. Der Preis für die Abwasserreinigung ist in den letzten Jahren gestiegen. Die Teuerung wird mit dem ständig sinkenden Wasserverbrauch und damit auch Abwasseranfall begründet. Dadurch verringert sich die Fließgeschwindigkeit in den Kanälen. Beginnende Faulprozesse und verkürzte Lebensdauer der Anlagen machen einen höheren Aufwand für die Wasserwirtschaft erforderlich. Zumal hin und wieder wegen verbleibendem und stinkendem Schlick mit erheblichen Mengen Leitungswasser nachgespült werden muss. Trotzdem hat Berlin eines der größten und modernsten Betriebsnetze Europas.

In das Berliner Gesamtkanalnetz gelangt nicht nur Abwasser aus Haushalten, Gewerbe und Betrieben, sondern es muss auch Regenwasser bewältigt werden. Damit erhöht sich die Gesamtlänge des Rohrnetzes auf 9.400 Kilometer. Pro Jahr fallen in Berlin im Mittel 37 Millionen Kubikmeter Regenwasser an und bei Wolkenbrüchen kommen weitere 6 Millionen Kubikmeter hinzu. Das Regenwasser ist mit anorganischen und organischen Stoffen belastet, wie beispielsweise Feinstaub, Reifenabrieb, Hundekot und Nährsalzen wie Phosphate und Stickstoffverbindungen. Für die Entsorgung des Regenwassers existieren in der Hauptstadt zwei unterschiedliche Verfahrensweisen, nämlich das ältere Mischsystem und das modernere Trennsystem. Das Mischsystem, vorwiegend noch im alten Stadtkern von Berlin, transportiert Schmutz- und Regenwasser gemeinsam zum nächsten Klärwerk. Nachteil dieser Konstruktion: Vor allem bei länger anhaltendem Regen oder bei Starkregen wird die Aufnahmekapazität überschritten und verdünntes Abwasser aus Schmutz- und Regenwasser gelangt unbehandelt in die Vorfluter Spree, Havel, Seen und Schifffahrtkanäle.

Besser ist das Trennsystem. Hier werden Abwasser und Regenwasser in zwei voneinander getrennten Kanalsystemen befördert. Aber auch hier gibt es im Prinzip dieselbe negative Erscheinung. Hält der Regen länger an, so fließen auch hier Wassermassen unbehandelt in die Gewässer, allerdings ohne städtische Abwässer. Aber für beide Systeme, ob Mischen oder Trennen, existieren Lösungsvarianten bzw. wurden solche entwickelt und derzeit realisiert. Für das Mischsystem wurden unterirdische Stauräume geschaffen, die das Zuviel an mit Regenwasser verdünntem Abwasser zwischenspeichern. Auf diese Weise gelangt es zeitverzögert in die entsprechende Kläranlage und belastet nicht mehr die Vorfluter.

Seit geraumer Zeit wird das Zuviel an verschmutztem Regenwasser des Trennsystems auf Versickerungs- und Regenklärbecken geleitet. Neuerdings errichtet man sogenannte Regen- bzw. Retentionsbodenfilter (vgl. Bild 3) vor allem in der Umgebung von

stark befahrenen Straßen und Gewerbeflächen. Zehn dieser Anlagen sind in Berlin geplant, vier davon wurden bereits gebaut, nämlich am Biesdorfer Baggersee, in Adlershof, am Halensee und in Blankenburg.

Das Retentionsfilter ist mit einem mineralischen Substrat belegt und mit Schilf bepflanzt. Das Regenwasser gelangt hier zuerst in ein Becken, wo sich die Schmutzpartikel absetzen. Im eigentlichen Filter werden Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen sowie Schwermetalle gebunden und mit Hilfe der Pflanzen organische Substanzen abgebaut. Die Schilfpflanzen verhindern ein Verstopfen des Filters. Auf der Retentionsanlage laufen also mechanische, biochemische und biologische Prozesse ab. Auf diese Weise werden 80 Prozent der sedimentierbaren Bestandteile und Schwermetalle sowie 70 Prozent der Phosphor-Verbindungen eliminiert. Damit ist der Kreislauf mit den folgenden Etappen geschlossen.

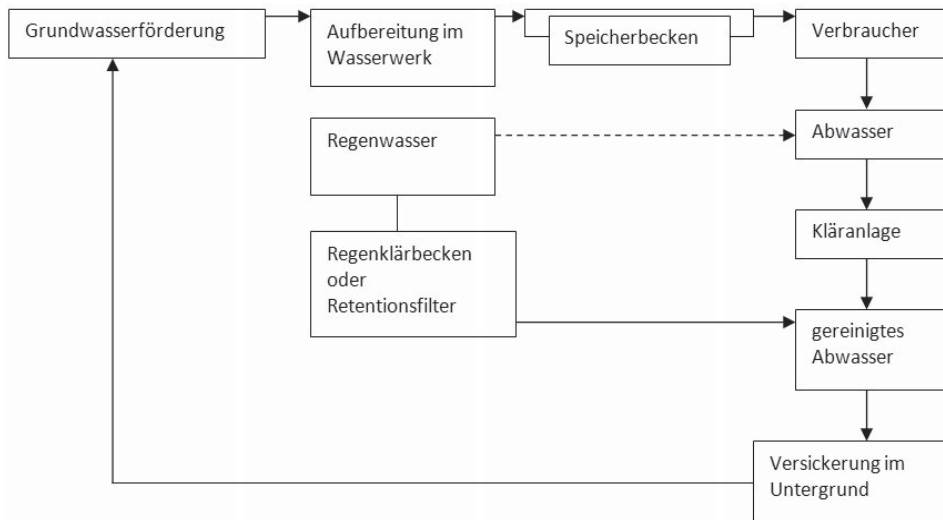


Bild 3: Einsatz von Regenklärbecken oder Retentionsfiltern im künstlichen Kreislauf des Berliner Wassers. Quelle: (eigene Zusammenstellung)

Nicht nur für die Berliner Wasserverhältnisse gilt somit: Alles Trinkwasser ist einmal Abwasser gewesen. Jungfräuliches Trinkwasser ist in unseren Breiten praktisch nicht verfügbar. Es ist aber durchaus denkbar, dass Sie gerade Wasser in Form von Bier verzehren, das Sie vor vielen Jahren schon einmal direkt vom Wasserhahn getrunken hatten. Aufgrund der hohen hygienischen Ansprüche im Wasserkreislauf ist dieser Gedanke ohne unangenehmes Empfinden akzeptierbar.

Beispiel 2: Hamburg

In Hamburg war die Wasserversorgung bis zur ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts weitgehend eine Sache, um die sich jeder Einwohner selbst zu kümmern hatte. Die Mehrheit schöpfte das Wasser für den täglichen Gebrauch aus der Elbe oder der Alster oder aus eigenen Hausbrunnen, soweit brauchbares Grundwasser anstand. Nur auf einigen Plätzen erfolgte eine Versorgung über öffentliche Brunnen.

In den tiefer liegenden Teilen Hamburgs war eine Wasserversorgung aus den höher liegenden Bereichen bereits Ende des 14. Jahrhunderts vereinzelt über ausgehöhlte Holzstämme möglich, so dass die wohlhabenden Bürger von ca. 60 Häusern zentral versorgt wurden. Erst ca. 100 Jahre später wurden am heutigen Jungfernstieg die Alsterwasserkünste betrieben, die das Alsterwasser über durch Wasserräder betriebenen Kolbenpumpen in über 20 Meter hohe Behälter pumpeten. Auf diese Weise konnten höher gelegene Wohnungen und Hydranten mit Wasser gespeist werden. In der höher gelegenen Neustadt übernahmen Wasserträger die Versorgung. Die Wasserqualität des Alsterwassers wurde durch Gewerbe und häusliche Abwässer stark beeinträchtigt, so dass man sich schließlich auch der Elbe zuwandte. 1822 wurde die Bieber'sche Elbwasserkunst bei den heutigen Landungsbrücken gebaut. Das Elbwasser wurde bei Flut in Absetzbecken geleitet und in einen Turmbehälter gefördert, von wo aus es über ein bis zu 15 km langes Rohrnetz zu den Verbrauchern geführt wurde.

Im Jahr 1848 nahm die Stadt-Wasserkunst im Auftrag von Senat und Bürgerschaft ihren Betrieb auf. Dadurch, dass das Wasser mehrere Kilometer oberhalb Hamburgs in Rothenburgsort aus der Elbe geschöpft wurde, war man der Ansicht, dass gesundheitliche Gefahren abgewendet werden. Man ließ das Wasser einige Tage in drei großen offenen Behältern verweilen, um Schwebstoffe absetzen zu lassen und förderte es über dampfbetriebenen Kolbenpumpen und den heute noch vorhandenen Wasserturm und gusseiserne Leitungen im Billhorner Röhrendamm zur Stadt.

Die Stadt Altona rüstete 1859 ihr neues Wasserwerk auf dem Bursberg mit einer Sandfiltrationsanlage aus. Nachdem 1891 mit dem Bau einer Sandfilteranlage auf Kalthofe bei Rothenburgsort begonnen wurde, brach im folgenden Jahr in Hamburg die große Choleraepidemie aus. Die Filteranlage wurde zwar beschleunigt bis 1893 fertiggestellt, die Seuche forderte jedoch in wenigen Wochen 8.500 Tote. In Altona trat die Seuche jedoch kaum in Erscheinung.

Als im Jahr 1937 Hamburg mit den vormals selbständigen Städten Wandsbek, Altona, Harburg-Wilhelmsburg und mehreren Umlandgemeinden zu Groß-Hamburg vereinigt wurde, vergrößerten sie die Hamburger Wasserwerke schlagartig um zehn Wasserwerke und zugehörige Leitungsnetze, zu denen jetzt auch die Grundwasserwerke

Bilbrook und Curslack zählten. Seit 1964 wird das Versorgungsnetz durch den Bau von fünf neuen Grundwasserwerken nicht mehr von Elbwasser gespeist.

Die Verunreinigungen der Oberflächengewässer durch Hafen, Industrie, Gewerbe und Abfälle macht auch vor den oberflächennahen Grundwasserstockwerken im Wassereinzugsgebiet von Hamburg nicht halt. Dadurch nimmt das nutzbare Grundwasserdargebot für die Wasserversorgung ab. Zudem hat insbesondere die Versiegelung von Flächen zu einer Veränderung des natürlichen Wasserhaushaltes geführt, die die Wasserversorgung vor große Herausforderungen stellt. Die Hauptwasserleiter werden nach unten hin in einer Tiefe zwischen 350 und 450 Metern durch Tonablagerungen von älteren Erdschichten getrennt. Darunter befindliches Grundwasser ist so salzhaltig, dass es sich für die Trinkwasseraufbereitung nicht eignet.

Von Bedeutung für die Grundwassergewinnung in Hamburg sind die oberen Sand- und Kiesschichten mit Geschiebemergelinlagen sowie die Flusssande und -kiese im Urstromtal der Elbe. In den tiefer liegenden Schichten bilden die Braunkohlesande ergiebige und qualitativ hochwertige Grundwasserleiter. Als besonders ergiebig haben sich die eiszeitlichen Rinnen erwiesen, die mit grobem Sand und Kies verfüllt, wie unterirdische Kanäle wirken. Solche Rinnen sind bevorzugte Standorte für Brunnenfassungen. Das verwendete Grundwasser entsteht überwiegend durch die Niederschläge wie Regen, Hagel und Schnee im Rahmen eines natürlichen Wasserkreislaufs. Die Niederschläge nehmen auf ihrem Weg zum Boden Staubpartikel, Abgase, Sauerstoff und Keime auf. Versickern die Niederschläge in die oberflächennahen Bodenschichten, werden sie durch mechanische Filterung, chemisch-physikalische Reaktionen und bakteriellen Abbau von Schadstoffen gereinigt. Das Wasser wird in Hohlräumen der Erdrinde gesammelt und reichert sich dort mit Mineralien und Gasen an. Brunnen pumpen das Grundwasser an die Oberfläche, die einzelnen Wasserwerke reinigen es und bereiten es zum Trinken auf. Hierzu wird das Grundwasser belüftet, ihm wird damit Sauerstoff beigemischt. Der Sauerstoff sorgt für eine Verflüchtigung von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff. Eisen- und Mangansalze oxidieren und flocken aus. Sandfilter sieben die festen Flocken aus. Im Bedarfsfall kann das Grundwasser mit Chlor oder Chlordioxid desinfiziert werden.

Die Qualität des Hamburger Trinkwassers befindet sich auf einem heute hohen Qualitätsniveau, jedoch sind einige oberflächennahe Grundwässer als Rohwässer für die Trinkwasserversorgung durch anthropogene Verunreinigung aus urbanen diffusen und Punktquellen gefährdet. So bestehen Schätzungen, dass 40 Prozent der Wassergewinnung aufgrund der Bodenbelastungen beispielsweise durch Schwermetalle langfristig gefährdet ist (vgl. Tabelle 2). Dies hat auch Einfluss auf die Verfügbarkeit der nutzbaren Rohwasservorräte, obwohl jährlich ca. 900 Milliarden Liter durch Niederschläge im

Erdreich versickern. Das entspricht zwar der siebenfachen Menge dessen, was jährlich aus dem Grundwasser entnommen und in das Trinkwassernetz eingespeist wird, jedoch war die Förderkapazität als der Anteil der für die Trinkwasserversorgung nutzbaren bzw. geeigneten Wasserressourcen in den neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts nahezu erschöpft und die Prognosen zeigten einen zunehmenden Bedarf an Trinkwasser.

Tabelle 2 Hamburger Grundwasserwerke (Hamburg Wasser, 1992)

Wasserwerk (mit abnehmender Förderleistung)	Gesamtes Wasserdargebot [Mio. m ³ /Jahr]	Durch Verunreinigungen gefährdeter Anteil des Wasserdargebots [Mio. m ³ pro Jahr]
Baursberg	6,8	4,7
Stellingen	5,5	5,5
Schnelsen	6,6	-
Langenhorn	6,4	1,6
Walddörfer	13,9	-
Großhansdorf	12,0	4,0
Großensee	7,0	1,2
Glinde	8,5	4,0
Bergedorf	2,1	-
Curslack	22,0	13,0
Lohbrügge	2,0	-
Billbrook / Hauptpumpwerk Rothenburgsort	16,1	1,6
Wilhelmsburg	1,5	-
Bostelbek	3,1	0,3
Süderelbmarsch	13,1	8,0
Neugraben	5,5	0,9
Haseldorfer Marsch	8,0	5,0
Schierhorn	- ²	-
Nordheide	20 ²	-

Die Hamburger Wasserwirtschaft reagierte hierauf mit einem Konzept, das einen stärkeren Grundwasserschutz bei gleichzeitiger Senkung des Trinkwasserverbrauchs

² Die Wasserentnahmerechte waren 2004 abgelaufen, seitdem wird die Entnahme von 15,7 Mio. Kubikmetern bis zur erneuten Genehmigung übergangsweise erlaubt.

zum Ziel hat. So wurden beispielsweise eigene landwirtschaftliche Flächen bewusst an ökologisch wirtschaftende Landwirte verpachtet, um den Einsatz von Pestiziden zu verhindern. Die Hamburger Verwaltung wirkte den Gefahren der Rohwasserverschmutzung durch die gezielte Ausweisung von Flächen als Wasserschutzgebiete entgegen, in denen besonders strenge Regelungen gelten. Die Verbraucher und Betriebe wurden aufgerufen, mit der Ressource Wasser verantwortlicher umzugehen, Wasser zu sparen, Wasserverluste zu vermeiden, Wasserzähler zu installieren und in den Betrieben, Trinkwasser wo möglich durch im Kreislauf befindliche Betriebswässer zu ersetzen. Dadurch konnte in den vergangenen Jahrzehnten ein Rückgang des Wasserbedarfs in Hamburg erreicht werden. Gleichzeitig sind allerdings auch die eigenen und für Trinkwasserzwecke nutzbaren Grundwasservorkommen in Hamburg gesunken. Aktuell wird Hamburg im Jahr mit ca. 118 Millionen Kubikmeter Trinkwasser aus aufbereitetem Grundwasser versorgt. Davon werden ca. zwei Drittel innerhalb der Stadtgrenzen gewonnen. Ein Viertel des Trinkwasserbedarfs von Hamburg wird dem Grundwasser in Schleswig-Holstein entnommen und 12 Prozent stammen aus Niedersachsen.

Die Hauptaufgabe der Stadtentwässerung ist die Entsorgung des anfallenden Abwassers der 2,2 Millionen Privathaushalte sowie der Gewerbe- und Industriebetriebe. Da die Kanalisationskanäle in Hamburg *Siele* genannt werden, heißt das Kanalisationsnetz folgerichtig Sielnetz. Das Hamburger Sielnetz weist insgesamt eine Länge von rund 5.400 Kilometern auf, im innerstädtischen Bereich sind es 943 Kilometer. Täglich fallen etwa 467 Millionen Liter Abwasser an. Hinzu kommen rechnerisch durchschnittlich 68,5 Millionen Liter Regenwasser täglich. Zusätzlich entsorgt die Stadtentwässerung auch das Abwasser von 28 Gemeinden, die um Hamburg herum bereits in den Bundesländern Schleswig-Holstein und Niedersachsen liegen. Das Entsorgungsgebiet ist somit etwa 1.000 Quadratkilometer groß.

Letztlich wird das Abwasser zum mehrstufigen Reinigungsprozess des Klärwerksverbunds Köhlbrandhöft in Steinwerder und Dradenau in Waltershof abgeleitet. Der Abwasserzufluss liegt bei Trockenwetter bei 4.000 bis 5.000 Liter pro Sekunde. Bei Regen kann der Zufluss auf bis zu 19.000 Liter pro Sekunde steigen. Das Klärwerk Köhlbrandhöft bildet die erste Stufe. Es reinigt das zugeführte Abwasser zunächst hauptsächlich mechanisch, indem eine Rechenanlage die Grobstoffe entfernt und der Sandfang sandige Bestandteile aussiebt. Die verbliebenen Feststoffe werden durch Absetzen und Aufschwimmen vom Abwasser getrennt. Darüber hinaus wird das Abwasser teilweise biologisch und chemisch vorbehandelt, so dass die erste Stufe bereits ein Drittel der Schmutzstoffe aus dem Abwasser entfernt.

Die zweite Stufe bildet das Klärwerk Dradenau. Dort wird das Abwasser in den so genannten Belebungsbecken mit Mikroorganismen angereichert, die auf natürliche Art

und Weise die im Abwasser enthaltenen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen abzubauen. Für diesen Stoffwechselprozess wird Sauerstoff durch Oberflächenbelüfter ins Abwasser gepumpt. Der abschließende Reinigungsschritt findet im Nachklärbecken statt, indem sich der beim Nährstoffabbau durch die Mikroorganismen gebildete Belebtschlamm absetzt und vom Abwasser abgetrennt wird. Das so aufbereitete und gereinigte Abwasser wird anschließend in die Elbe geleitet.

Schlussfolgerung

An den zwei Beispielen Berlin und Hamburg wurde demonstriert: Deutschland hat ausreichend Wasserressourcen und von hoher Qualität. Trotzdem ist ein sparsamer Umgang beim täglichen Verbrauch erforderlich, jedoch eventuell mit der Ausnahme für Anwohner des Urstromtals der Hauptstadt Berlin. Triebfeder für die Qualität ist der Preis, der eine allgemeine Verschwendung minimiert. Dieser hat sich seit dem Jahr 2003 deutlich erhöht. Den heutigen Preis kann man bei den jeweiligen Wasserwerken erfragen. Zum Vergleich sind die Wasserpreise pro Kubikmeter für Berlin und Hamburg sowie einige andere Städte aus dem Jahr 2012 in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Wasserpreise in Deutschland mit Stand 2012 (EUR)

Stadt	Trinkwasser	Abwasser	Summe
Berlin	2,03	2,46	4,46
Hamburg	1,56	2,09	3,65
Potsdam	2,25	3,92	6,17
Halle/Saale	1,26	2,08	3,34
Rostock	1,85	2,86	4,71
Magdeburg	1,87	2,58	4,45
Bremen	1,98	2,64	4,62
Chemnitz	1,87	2,70	4,57
Erfurt	2,00	2,07	4,07
Hannover	1,66	1,52	3,18
Wiesbaden	2,10	2,15	4,25
Koblenz	1,55	1,95	3,50
München	1,58	1,56	3,14

Wie an den Beispielen Berlin und Hamburg demonstriert, wurde sogar der tägliche Wasserkonsum in den beiden letzten Jahrzehnten deutlich reduziert. Einher gegangen ist dabei eine effektive Abwasserreinigung als Voraussetzung für einen funktionierenden zweiten Wasserkreislauf

Grundwasser → Trinkwasser-Reinigungsstufen → Trinkwasser → Abwasser → Ab-

wasser-Reinigungsstufen →Oberflächenwasser/Grundwasser bzw. →Grundwasseranreicherung.

Damit gewinnt Deutschland hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Kompetenz hohe Priorität und dient auch im Sinne der Länder mit permanenter Wasserknappheit als Beispiel gegenüber vielen anderen Staaten, die immer noch Wasser vergeuden oder rücksichtslos ihre Ressourcen plündern (vgl. auch Kapitel Trinkwasser und globaler Umweltschutz).

Die unterschiedlichen Wasserpreise lassen sich in der Regel nicht direkt auf eine mehr oder weniger teure Aufbereitungstechnik zurückführen, sondern sind vor allem Ausdruck eines betriebswirtschaftlichen Gesamtergebnisses. Die Potsdamer Wasserpreise liegen sowohl bei der Trinkwasserbereitstellung als auch bei die Abwasserentsorgung bundesweit an der Spitze: Der Preis für einem Kubikmeter Trinkwasser, der hier in das Abwassernetz eingespeist wird, kostet den Verbraucher in Potsdam fast doppelt so viel wie in München.