

Wasser: simply the best ???

Wasser - häufig als Lebenselixier bezeichnet - gerät immer mehr in die Schlagzeilen. Denn wirklich sauberes Wasser wird auf unserem Planeten knapp.

Die Anforderungen an die Trinkwasseraufbereitung wachsen und die Wasserwerke sind gezwungen sich zu riesigen chemischen Fabriken zu entwickeln.

In der Regel kann man sich auf die gesetzlich vorgeschriebene Einhaltung einer Mindestqualität verlassen. Doch eine gewisse Unsicherheit bleibt beim Verbraucher bestehen. Das liegt zum Einen daran, dass in Deutschland Ausnahmegenehmigungen für höhere Konzentrationen diverser Stoffe bestehen und Grenzwerte nicht immer bei allen aufgeführten Substanzen eingehalten werden können, und zum Anderen, dass in Deutschland ca. 550.000 Haushalte nicht an ein Wasserwerk angeschlossen sind und sich aus eigenen Trinkwasserbrunnen versorgen müssen. Diese gehen in der Regel ein prinzipiell größeres gesundheitliches Risiko ein.

Einen quantitativen Mangel an Wasser gibt es bei uns eigentlich nicht, da wir in Mitteleuropa über das ganze Jahr verteilt ausgiebige Niederschläge haben. Nur in sehr lang anhaltenden trockenen Perioden kann es in bestimmten Gebieten zeitweise zu Wassermangelsituationen kommen. Die Wasserbillanz, d.h. Wasserverluste durch Verdunstung und Abfluss werden durch ausreichende Niederschläge ersetzt, ist in Deutschland ausgeglichen. Hier wird nicht das Wasser selbst knapp, sondern der Vorrat an sauberem Wasser, das zur Trinkwassergewinnung verwendet werden kann.

Der sorglose Umgang mit dem kostbaren Nass und der enorme Verbrauch mit jährlich 100 Billionen Tonnen Wasser, hat in der Vergangenheit dazu geführt, dass die Qualität des Wassers zunehmend schlechter wurde. Als Wasserverschmutzer gelten die Industrie, die Landwirtschaft, die privaten Haushalte, die öffentliche Kanalisation sowie die Altlasten.

Was im Trinkwasser an Inhaltsstoffen enthalten sein kann ist enorm. Hier sollen nur einige wenige Inhaltsstoffe angesprochen werden, die aus bestimmten Gründen erwünscht oder gesundheitlich bedenklich sind.

Bestimmte Stoffe haben grundsätzlich im Trinkwasser nichts zu suchen. Dazu gehören Schwermetalle, halogenierte Kohlenwasserstoffe (CKW = Chlor-Kohlen-Wasserstoffe oder FCKW = Fluor-Chlor-Kohlen-Wasserstoffe), Trihalogenmethane, Pestizide (Insektizid, Herbizide, Fungizide, Akarizide, Nematizide und Molluskizide), Medikamentenrückstände und Hormone (z.B. Östrogene oder deren Abbauprodukte die Toxafene).

Andere Stoffe, wie Nitrat, Natrium und Fluor können in größeren Konzentrationen gesundheitsschädlich sein und wieder andere, wie die Härtebildner Calcium und Magnesium sind zwar gesundheitlich erwünscht, können aber "lästig werden" noch andere sind wie die Phosphate vorrangig umweltschädlich.

Die mikrobiologische Belastungen des Trinkwassers durch Bakterien und andere Kleinstlebewesen wie Amöben oder Ciliaten darf auch nicht außer acht gelassen werden. Wenn Trinkwasser ein Wasserwerk verlässt, ist es in der Regel hygienisch einwandfrei. Probleme kann es auf dem Weg zum Wasserhahn geben. Defekte Leitungen, Rohrbrüche oder Reparaturarbeiten im Wasserversorgungsnetz sind oft auch Ursache dafür, dass mikrobiell verunreinigtes Wasser (Regen- oder Abwasser) in das Trinkwassernetz eindringt und zu einer erneuten Verkeimung führt.

Auch die unterschiedlichen Materialien des Rohrleitungssystems nimmt Einfluss auf die Trinkwasserqualität. Die großen Zuleitungsrohre der Wasserversorgungsunternehmen, die bis zu den Hausanschlüssen verlegt werden, bestehen aus PVC, Gusseisen, Stahl oder Asbestzement. In den Haushaltsanschlussleitungen bis zur Übergangsstelle an der Wasseruhr finden sich Rohrleitungen aus Gusseisen, Kunststoff, Kupfer, aber auch noch aus Blei. In der Hausinstallation selbst sind Rohre aus Blei, Kupfer, verzinkte Stahlrohre (Zink enthält Beimengungen von Cadmium), Edelstahlrohre (mit Legierungsanteilen wie

Chrom, Nickel oder Molybdän) oder Kunststoffrohre aus PVC (Polyvinylchlorid), PE (Polyethylen) oder PP (Polypropylen) verlegt. Viele der aufgeführten Materialien lassen unter bestimmten Bedingungen zum Teil toxische (giftige) Substanzen in das Wasser.

Die Trinkwasseraufbereitung der Wasserwerke

Die Wasserwerke betreiben heutzutage einen enormen Aufwand, um Trinkwasser zu erzeugen. Dies darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass viele kleine Wasserwerke aus Mangel an technischen Equipment weit überfordert sind.

Der erste Schritt jeder Wasseraufbereitung ist die Entfernung von Sand und anderen Grob- und Trübstoffen mittels **Siebung**.

Danach folgt die **Sedimentation** in sogenannten Absetzbecken. Dort fließt das Wasser über eine längere Strecke sehr langsam. Schwerere Partikel sinken dort ab und können später entfernt werden. Die feinverteilten Trübstoffe lassen sich nicht ohne weiteres auf den Beckengrund absetzen; hier dosiert man chemische Flockungsmittel (Aluminiumsulfat, Eisenchlorid oder Eisensulfat) zu, die diese Trübstoffe zu großen Flocken verbinden damit diese dann später abfiltriert werden können.

Die **Filtration** hat bei der Wasseraufbereitung einen wichtigen Stellenwert. Hier werden nicht nur die Schwebstoffe sondern, auch deren Ausfallprodukte und andere Rückstände aus der Enteisung, Entmanganung, Entsäuerung und Enthärtung eliminiert. Zwei Verfahren gelangen hier zum Einsatz: Erstens die Langsandsandfilterung, wobei das Wasser über einen Sandbodenfilter fließt. Dort können sowohl biologische als auch chemische Prozesse zum Abbau organischer Substanzen, zur Keimverminderung und zur Oxidation (Ammoniak über Nitrit bis zum Nitrat) stattfinden und Zweitens die Schnellfilter, die hauptsächlich mit Hilfe von Quarzsand eine mechanische Reinigung des Trinkwassers ermöglichen.

In einer anschließenden **Oxidationsstufe** können organische Verschmutzungen mittels Ozon, Kaliumpermanganat oder Wasserstoffperoxid (früher wurde eine Hochchlorierung vorgenommen, die im Prinzip heute nicht mehr angewandt werden sollte) entfernt werden. Schadstoffe werden hier chemisch zerstört bzw. schwer abbaubare Verbindungen in kleinere Bruchstücke „zerhackt“, so dass diese in einer weiteren Abbaustufe leichter entfernt werden können.

Der letzte Reinigungsschritt in der Trinkwasseraufbereitung ist die kostenintensive **Aktivkohlefilterung**, die jedoch nicht von jedem Wasserwerk durchgeführt wird. Hier werden die restlichen Schadstoffe adsorbiert oder katalytisch in eine weniger gefährlichen Verbindung überführt.

Nach der Reinigung des Wassers erfolgt die sogenannte **Stabilisierung**. Die Stabilisierung soll sicherstellen, dass sich die Beschaffenheit des Wassers während der Verteilung und beim Gebrauch nicht verändert. Ein weiterer Zweck ist die Vermeidung von Korrosionsschäden an den Verteilerrohren.

Wichtigster Faktor ist hier der pH-Wert. Damit sich eine Schutzschicht aus "Kalk" (Calcium- und Magnesiumcarbonat) in der Transportleitung bilden kann, darf der pH-Wert nicht unter 7 fallen. In der Regel haben Wässer mit einem pH-Wert unter 7 ("saurer" Wasser) materialangreifende Eigenschaften. Aus diesem Grund wird zunächst eine **Entsäuerung** vorgenommen.

Auch hier gibt es diverse Verfahren. Bei den chemischen Verfahren erfolgt die Entsäuerung durch Zugabe

alkalischer Substanzen. Meist wird hier Calciumhydroxid zugesetzt, dass in einer chemischen Reaktion überschüssige Kohlensäure neutralisiert. Bei den physikalischen Verfahren wird das Wasser mittels Filtration über halbgebranntem Dolomitgestein oder über Marmor geschickt, um das Kohlendioxid aus dem Wasser auszutreiben. Kostenintensiv ist die Entsäuerung mittels starker Belüftung. Dieses Verfahren kann jedoch nicht bei stark sauren Wässern eingesetzt werden.

Zur weiteren Stabilisierung des Trinkwassers wird eine **Enteisenung** und **Entmanganung** vorgenommen. Die im Grundwasser enthaltenen Eisen- und Manganverbindungen lagern sich an den Rohrlitungswänden ab. Dabei entstehen zum Teil dicke Schichten mit angelagerten Eisen- und Manganbakterien, die zu Rohrverengungen führen. Um dies zu verhindern, wird das Wasser vor der Einspeisung verrieselt oder belüftet, um möglichst viel Sauerstoff in das Wasser einzutragen. Dadurch wird zweiwertiges Eisen und Manganverbindungen zu den schwerlöslichen dreiwertigen oxidiert. Diese lassen sich dann unter Zugabe von Flockungsmitteln abfiltrieren.

Damit sich im Rohrleitungsnetz eine Kalkschicht ausbildet, um den Korrosionsprozess zu verhindern, muss es eine gewisse Härte aufweisen. Weiche Wässer bilden keine Schutzschicht und greifen wegen der stets vorhandenen Kohlensäure das Material an. Bei zu wenig Härte wird es über kalkhaltige Materialien geleitet (siehe Entsäuerung), so dass ein Minimum an Härte aufgenommen wird.

Ist jedoch zu viel Härte im Wasser, wird es durch **Enthärtung** bzw. **Entcarbonisierung** stabilisiert. Die Einstellung, wie hart das Wasser sein soll, ist unterschiedlich. Eine hohe Wasserhärte schadet unserer Gesundheit nicht. Sehr hartes Wasser hat den Effekt, dass sich beim Erhitzen Kesselstein bildet oder Warmwasserleitungen verstopfen können.

Das Trinkwasser muss laut Trinkwasserverordnung frei von Krankheitserregern und gesundheitsschädlichen Einflüssen sein. Dies erfordert eine weitere Vorbehandlung, bis das Trinkwasser in die Rohre eingespeist werden kann. Die **Desinfektion** ist meist der letzte Schritt in der langen Wasseraufbereitungskaskade. Zum Einsatz kommen hier die **Ozonierung** und die **UV-Strahlung**. Seitdem man hochkonzentrierte Ozonlösungen herstellen kann, ist die Ozonierung ein wirtschaftlich interessantes Desinfektionsverfahren geworden. Gegenüber der Desinfektion mit Chlor bietet die Anwendung von Ozon technische Anwendungsvorteile. Nachteil bei der Ozonbehandlung ist die unerwünschte Freisetzung von gesundheitlich schädlichen Stoffen wie z.B. Trihalogenmethan. Die UV-Strahlung ist ein sehr kostenintensives Verfahren, da das Wasser in einer langen dünnen Wasserschicht lange bestrahlt werden muss, um eine effektive Entkeimung zu erzielen. Große Wassermengen sind hier nicht zu bewältigen. Außerdem beeinträchtigen Trübstoffe, oder die genetische Anpassung der Bakterien die Wirksamkeit dieser Methode.

Möglichkeiten zur weiteren Trinkwasseraufbereitung im Haushalt

Die Verunsicherung durch immer wieder neue Schlagzeilen über die sich verschlechternde Trinkwasserqualität und die Planungen in der europäischen Gemeinschaft, die Richtlinien zur Trinkwasserversor-

gung zu verändern, bewegen immer mehr Verbraucher dazu, sich für den Kauf eines Trinkwasserfilters oder einer Wasseraufbereitungsanlage zu entscheiden. Welches Verfahren das richtige ist, hängt von vielen Fakto-

ren ab. Eine genaue Kenntnis seines Trinkwassers ist hier erforderlich, um die entsprechend richtige Technik zu verwenden.

Übersicht zu den unterschiedlichen Verfahren zur Schadstoffminderung im Trinkwasser

einige Problemstoffe im Trinkwasser	Verfahren
Nitrat, Natriumchlorid, Phosphat, Kieselsäure	Umkehrosmoseanlagen, Anionenaustauscher
Pestizide, Medikamentenrückstände, Hormone	Umkehrosmoseanlagen, Aktivkohle (teilweise)
CKW, FCKW, Chlor, Ozon, Huminsäure	Umkehrosmoseanlagen, Aktivkohlefilter
Schwermetalle (Blei, Cadmium, Nickel, Aluminium usw.)	Umkehrosmoseanlagen, Kationenaustauscher
Partikuläre Stoffe, Bakterien, Viren	Umkehrosmoseanlagen, Feinfilter (teilweise)
Härtebildner	Umkehrosmoseanlagen, Kationenaustauscher (Enthärtungsanlage)
Eisen, Mangan	Enteisenungsanlagen, Entmanganungsanlagen

Ionenaustausch

Beim Verfahren des Ionenaustauschs wird die Eigenschaft von Stoffen genutzt, in wässriger Lösung nicht neutral, sondern in elektrisch geladener Form als sogenannte Ionen vorzuliegen. Die elektrisch negativen Teilchen heißen Anionen, die positiv geladenen Kationen. Ionenaustauscher bestehen in der Regel aus einem Kunstharzgrundgerüst, an dem aktive Molekülgruppen mittels elektrischer Anziehung gebunden sind. Diese aktiven Moleküle sind entweder Wasserstoff (H^+)- bzw. Natrium (Na^+)-Kationen oder Hydroxid (OH^-)- bzw. Chlorid (Cl^-)-Anionen. Wird Wasser an dieses Material vorbeigeleitet, können die Ionen im Wasser gegen Ionen gleicher Ladung ausgetauscht werden. Der Kationenaustauscher tauscht

positiv geladene Elemente wie Calcium, Kalium, Magnesium, Cadmium, Caesium, Blei, Kupfer oder Aluminium gegen Wasserstoff- bzw. Natriumionen aus. Der Anionentauscher tauscht negativ geladene Elemente wie Nitrit, Nitrat, Phosphat, Bromid Hydrogensulfat oder Jodid gegen Hydroxid- bzw. Chloridionen aus.

Da jedes Ion eine andere Bindungsstärke besitzt, werden bei diesem Verfahren Ionen mit starken Anziehungseigenschaften besser ausgetauscht, als die schwachen Ionen. Der Austausch kann dabei so lange erfolgen, bis alle Ionen des Trägermaterials gegen Ionen aus dem Wasser getauscht wurden. Wann die Ionenaustauscher erschöpft sind,

kann man bei kleinen Haushaltsgeräten kaum kontrollieren, da die Beschaffenheit des Wassers und die benötigte Menge eine wichtige Rolle spielen. Die Gefahr der Verkeimung des Ionenaustauschers und damit der mikrobiellen Verunreinigung des gefilterten Wassers ist sehr groß. Um eine Keimverminderung zu erreichen, wird bei Tischfiltern in der Regel Silber zugesetzt, was gesundheitlich für den Menschen bedenklich ist und auch nicht die erwünschte bakterizide Wirkung hat. Eine Regenerierung der Ionenaustauscher ist generell möglich, jedoch werden kleine Filterkartuschen aus Tischgeräten aus Kostengründen nicht regeneriert.

Aktivkohlefilterung

Aktivkohle, die in der Trinkwasseraufbereitung zum Einsatz kommt, ist speziell aufgearbeitet und gereinigt. Diese Kohle hat aufgrund ihrer porösen Struktur eine sehr große Oberfläche, die für die Anlagerung von Stör- und Schadstoffen entscheidend ist. Die Aktivkohle entfernt durch Anlagerung unerwünschte natürliche Geruchs- und Geschmacksstoffe (z.B. Huminsäuren), chlorierte Kohlenwasserstoffe, schwer abbaubare Halogenkohlenwasserstoffe, Manganverbindungen und Schwebstoffe - letztere werden mechanisch zurückgehalten. Dabei ist die Anlagerung von Stoffen aus dem Rohwasser von vielen Faktoren abhängig. Die Molekülgröße und deren Ladung (positiv oder negativ), die Konzentration der Inhaltsstoffe, die Wassertemperatur, der pH-Wert,

die Porengröße der Kohle, sowie die Kontaktzeit.

Ist die Oberfläche der Kohle durch belastetes Wasser besetzt, dann ist der Filter erschöpft und kann, wenn er nicht rechtzeitig aus dem Gerät entfernt wurde, "durchbrechen", d.h. die Schadstoffe lösen sich wieder ab (Desorption) und gelangen wieder ins Wasser. Mitunter kann sogar mehr Schadstoff freigesetzt werden, als im Wasser vorhanden war. Aber selbst bei noch nicht vollständig beladenem Filter können Schadstoffe durch den Filter hindurchwandern. Das liegt daran, dass bereits adsorbierte Stoffe ihre Plätze mit anderen Molekülen aus dem vorbeifließenden Wasser tauschen.

Äußerst problematisch ist der Einsatz von Aktivkohlefiltern als

Tischwasserfilter im Haushalt, weil die große Oberfläche der Kohle nicht nur Platz für Schadstoffe bietet, sondern auch einen optimalen Nährboden für Mikroorganismen (z.B. Eiter-Bakterien wie *Enterobacter cloacae* und *Citrobacter freundii* oder Schimmelpilze), die aus Verunreinigungen im vorbeifließenden Wasser ihre Nährstoffe beziehen. So wurden in gefiltertem Wasser schon Keimzahlen gemessen, die den Grenzwert der Trinkwasserverordnung hundertfach überschritten, besonders dann, wenn die Geräte einige Tage unbenutzt waren. Eine sichere Kontrolle, wann die Aufnahmekapazität der Aktivkohle erreicht ist, gibt es nicht.

Umkehrosmosetechnik

Die Umkehrosmosetechnik (englisch: reverse osmosis) ist mit einer extrem feinen Filtration vergleichbar und wird daher auch als Hyperfiltration bezeichnet. Die bekannte "gröbere" Filtrier-technik - wie sie z.B. in jedem Aquarienfilter verwirklicht wird - benötigt im Gegensatz zur Umkehrosmosetechnik keinen Druck. Die Umkehrosmosemembranen besitzen dem gegenüber eine so feine Struktur, dass sie semipermeable (halbdurchlässige) Eigenschaften besitzen. Dieses besondere Charakteristikum trägt zur technischen Umkehrung des in der Natur weit verbreiteten Prinzips der Osmose bei.

Osmose - d.h. selbsttätige Stoffwanderung durch Membranen - tritt immer dann auf, wenn zwei wässrige Lösungen mit unterschiedlichen Ionenkonzentrationen (unterschiedlich viele Salzteilchen) durch eine halbdurchlässige Membran voneinander getrennt sind. In der Natur ist das Osmose-Prinzip von größter physiologischer Bedeutung, wenn durch die semipermeablen Membranen, nur das Lösungsmittel, nicht aber die gelösten Substanzen durchlassen werden. Denn damit kann zum Einen der Wasserhaushalt der Zellen reguliert und zum Anderen ein Innendruck (Turgor, osmotischer Druck) zur Stabilität aufrecht gehalten werden.

Physikalisch gesehen sind die Ionenlösungen - die voneinander durch Membranen getrennt sind - immer bestrebt einen Konzentrationsausgleich zu erlangen. Das bedeutet, dass Ionen der hochkonzentrierten Seite auf die Seite der niedrigeren Konzentration gelangen wollen. Da die Membran eine Barriere darstellt, die die Ionen aufgrund ihrer molekularen Größe nicht ohne weiteres durchwandern können, strömen

stattdessen die kleineren Wassermoleküle von der niedrigkonzentrierten Seite auf die höherkonzentrierte. Dabei fließen die Wassermoleküle so lange, bis entweder die Ionenkonzentrationen der beiden Seiten ausgeglichen sind oder ein Druck auf der hochkonzentrierten Seite aufgebaut wird - der sogenannte osmotische Druck. Dabei gehorcht der osmotische Druck einer stark verdünnten Lösung den Gesetzen, die für ideale Gase gelten. Er steigt proportional zur Konzentration der Lösung an und nimmt proportional zur Temperatur zu.

Osmose-Prozesse sind uns allen schon einmal begegnet, wenn wir nach einem Regenschauer reife Kirschen ernten und feststellen, dass sie eingerissene oder vernalbte Stellen bekommen haben. Dies liegt daran, dass die Kirschhaut die Funktion einer semipermeablen (halbdurchlässigen) Membran übernimmt. Auf der Innenseite dieser Membran befindet sich der Kirschsafte mit einer hohen Ionenkonzentration in Form von Zucker, außen hängen die Regentropfen, die als ideales Lösungsmittel fungieren. Da die Zuckermoleküle aufgrund ihrer Größe nicht durch die Membran nach außen wandern können fließen stattdessen die Wassermoleküle ins Innere der Kirsche. Eine reife Kirsche kann jedoch ihr Volumen nicht wesentlich vergrößern, um das zusätzliche Wasser aufzunehmen. Folglich steigt der Innendruck der Kirsche so weit an, bis die Kirschhaut schließlich einreißt.

Bei der Umkehrosmosetechnik wird das Osmose-Prinzip umgekehrt. Auf der Seite mit den hohen Ionenkonzentrationen (Leitungswasser, Rohwasser) wird ein Druck angelegt (Wasserleitungsdruck) der das Wasser in die andere Richtung zwingt,

nämlich auf die Reinwasserseite mit der niedrigeren Konzentration. Die unerwünschten gelösten Stoffe (z.B. Härte, Nitrat, Kieselsäure, Rückstände von Pestiziden und Medikamenten um nur einige zu nennen) können aufgrund ihrer molekularen Größe nicht durch die ultrafeine Membran gelangen - auf der Reinwasserseite ist somit fast ausschließlich nur Wasser und keine Ionen.

Da während des Betriebs ständig Leitungswasser mit den darin enthaltenen Substanzen nachfließt, müssen die von der Membran zurückgehaltenen Stoffe laufend abgeführt werden, damit ein Verblocken ausgeschlossen werden kann. Eine Umkehrosmoseanlage produziert infolgedessen neben dem Reinwasser auch Abwasser (Konzentrat), das konzentriert die unerwünschten Substanzen enthält und weggespült werden muss.

Für den störungsfreien Betrieb einer Umkehrosmoseanlage sind mehrere Vorkehrungen zu treffen. Die Umkehrosmosemembran sollte aus Kunststoff hergestellt sein. Andernfalls können Bakterien - die ebenso im Leitungswasser enthalten sind - die Membran regelrecht "zerfressen" und somit unbrauchbar machen. Zum Schutz der hochwertigen Membran sollte ihr immer ein Aktivkohlefilter zur Chlorentfernung und ein Feinfilter als Schutz vor Schwebstoffen vorgeschaltet sein. Eine automatische Spülvorrichtung, die das Entfernen von abgelagerten Stoffen auf der Membran ermöglicht, verlängert die Lebensdauer der Umkehrosmosemembran erheblich.

Für weitere Informationen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.