

Ultrafiltration in der Praxis

Ein Erfahrungsbericht über den Einsatz von Ultrafiltration zur Entkeimung von Trinkwasser in der dezentralen Wasseraufbereitung.
Von Michael Hank.

Einführung

Die Ultrafiltration findet seit Mitte der neunziger Jahre, aus den USA kommend, zunehmend Einzug in deutsche Wasseraufbereitungen. In langjährigen Studien hat die Ultrafiltration ihre Zuverlässigkeit bei der Entfernung von Krankheitserregern bewiesen. Die größte, in Deutschland installierte Anlage entkeimt 6 Millionen Liter Wasser pro Stunde, das aus einer Talsperre entnommen und zu Trinkwasser aufbereitet wird. Darüberhinaus ist eine Vielzahl von Anlagen in Betrieb, die das Trinkwasser kleinerer und mittlerer Ortschaften sicher machen.

Fallende Kosten und mittlerweile, durch stetigen technischen Fortschritt erreichte hohe Zuverlässigkeit der Filteranlagen öffnen der Ultrafiltration jetzt die Tür in den Markt der Kleinanwendungen wie beispielsweise der Entkeimung privater Trinkwassergewinnungen oder der Legionellenentfernung aus Trink- und Brauchwasser.



Abbildung 1: Kleinanlage zur Versorgung einer Pferdezucht

Als führender Hersteller in diesem Markt hat die Secuca, immer in enger Zusammenarbeit mit den regionalen Gesundheits- und Wasserbehörden in Deutschland bereits über 100 Anlagen in Betrieb genommen, viele davon laufen seit mehr als zwei Jahren. Weltweit hat die Secuca zusammen mit ihren Partnern in USA und China bereits über 1.000 Anlagen zur Entkeimung von Trinkwasser im Einsatz.

Abbildung 1 zeigt eine typische Kleinanlage, installiert im Zulauf einer Hauswasserversorgung, mit einer maximalen Leistung von 3.600 Litern pro Stunde.

In den USA wird die Ultrafiltration von der gesetzgebenden Behörde in einem definierten Rahmen als alleinstehendes Entkeimungsverfahren anerkannt. Nun diskutieren Fachbehörden, Institute und Anwender auch in Deutschland über dieses Thema. Setzt man die richtigen Rahmenbedingungen, könnte dies dem Verbraucher als kostengünstige, sichere, chemikalienfreie Alternative zu Gute kommen.

Die Technologie

Die Ultrafiltration ist schlicht ein Filter mit einer absoluten Porengrößenverteilung zwischen ca. 10 und 20 Nanometer (ein Nanometer entspricht einem millionstel Millimeter), wobei die meisten Poren in der Größenordnung von 15 Nanometern liegen. Diese Poren sind so klein, daß selbst Viren, Bakterien, Parasiten, Würmer, Sporen und andere Krankheitserreger nicht passieren können. Gelöste Bestandteile des Wassers, also beispielsweise Härtebildner, Mineralstoffe aber auch Nitrat oder Pflanzenschutzmittel fließen mit dem Wasser durch die Poren hindurch.

Der Einsatz der Ultrafiltration ist also fokussiert auf die Entfernung von Krankheitserregern und Partikeln ohne Einsatz von Chemikalien oder anderen Desinfektionsmitteln. Gelöste Bestandteile des aufzubereitenden Wassers können zudem durch Vorschaltung weiterer Verfahren, wie beispielsweise einer Flockung oder eines Aktivkohlefilters, zu Partikeln "zusammengefaßt" oder an diesen adsorbiert, dann durch die Ultrafiltration entfernt werden.

Beispielsweise werden so in einem Wasserwerk am Zürichsee (Schweiz) durch ein kombiniertes Verfahren von Aktivkohle und nachgeschalteter Ultrafiltration nicht nur Krankheitserreger entfernt, sondern

auch hormonähnliche Substanzen (Rückstände der Antibaby-Pille), die im Wasser des Sees in Spuren auftreten.

Möglichkeiten zur Abtötung, Inaktivierung oder Eliminierung von Mikroorganismen

Mikroorganismen	Verfahren:				
	Chlorung	(Ozonung)	UV-Bestrahlung	Thermische Desinfektion	Filtration
Einzeln vorliegend:					
Viren	+/-	+	+	+	+
Bakterien	+	+	+	+	+
Bakteriensporen	-	-	-	-	+
Parasiten	-	-	- (?)	+	+
Würmer	-	-	-	+	+
In Aggregaten, Biofilmen oder in Partikeln vorliegend:					
Viren	-	-	-	+	+
Bakterien	-	-	-	+	+
Bakteriensporen	-	-	-	-	+
Parasiten	-	-	-	+	+
Würmer	-	-	-	+	+

Bei üblicher Anwendung: +: wirksam; +/-: fraglich wirksam; -: in der Regel unwirksam

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Abbildung 2: Desinfektionsleistung einzelner Verfahren (Quelle: Bayerisches Landesamt für Gesundheits und Lebensmittelsicherheit)

Aufgrund des rein sterischen Effektes - die Poren der Membran sind einfach kleiner als die Krankheitserreger - verfügt die Ultrafiltration über die Möglichkeit, auch Krankheitserreger zurückzuhalten, die nicht mit anderen Entkeimungsverfahren entfernt oder abgetötet werden können. Dies bestätigt die Auswertung tausender Proben vor und nach verschiedenen Entkeimungsverfahren durch das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis.

Herstellung der Membran und des Filtermoduls

Hergestellt wird die Membran aus Polymeren, in einem Prozeß, der "Spinning" genannt wird. Dabei wird das gelöste Membranmaterial durch eine äußere Düse gedrückt, während gleichzeitig ein Lösungsmittel durch eine innere Düse fließt (siehe Abb. 3). Ausgehend von der

Prinzip der Herstellung einer Hohlfasermembran

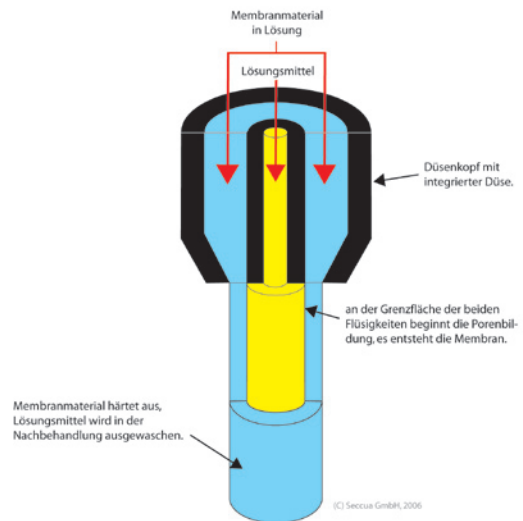


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Produktion einer Ultrafiltrationsmembran

Grenzfläche der beiden Flüssigkeiten bildet sich die Membran mit der sehr definierten Porengröße, bis schließlich die gesamte Hohlfasern

ausgehärtet ist. Dann wird die Membran in der gewünschten Länge abgeschnitten und weiterverarbeitet.

Da sie leicht zu produzieren und weiterzuverarbeiten ist und zudem eine hohe Packungsdichte (Membranfläche pro umbautem Raum) gewährleistet, wird in beinahe allen Fällen in der Trinkwasseraufbereitung heute die Ultrafiltrationsmembran in Form einer Hohlfaser eingesetzt. Diese Hohlfasern verfügen meist über einen Innendurchmesser von 0,8 - 0,9 mm. Um den Bruch dieser Fasern im Betrieb auszuschließen und so eine zuverlässige, langfristige Rückhaltung aller Krankheitserreger sicherzustellen, verwendet die Seccua in ihren Filteranlagen Membranen, bei denen sieben Hohlfasern zu einer zusammengefaßt werden. Hunderte dieser Fasern bilden dann wiederum ein Filterelement, wie in Abb. 4 zu sehen ist.



Abbildung 4: Schnittdarstellung eines Ultrafiltrationselements

Filtration und Reinigung der Membran

Während der Filtration wird das Wasser in die Hohlfaserkapillaren gedrückt. Durch entsprechende Schaltung der Ventile der Filteranlage kann das Wasser nicht am anderen Ende der Hohlfaser wieder austreten, sondern muß durch die Wand der Kapillare, also den eigentlichen Filter strömen. Krankheitserreger werden hierbei vollständig entfernt, die Trübung zuverlässig auf weniger als 0,1 Trübungseinheiten FNU reduziert (siehe Abb. 5).

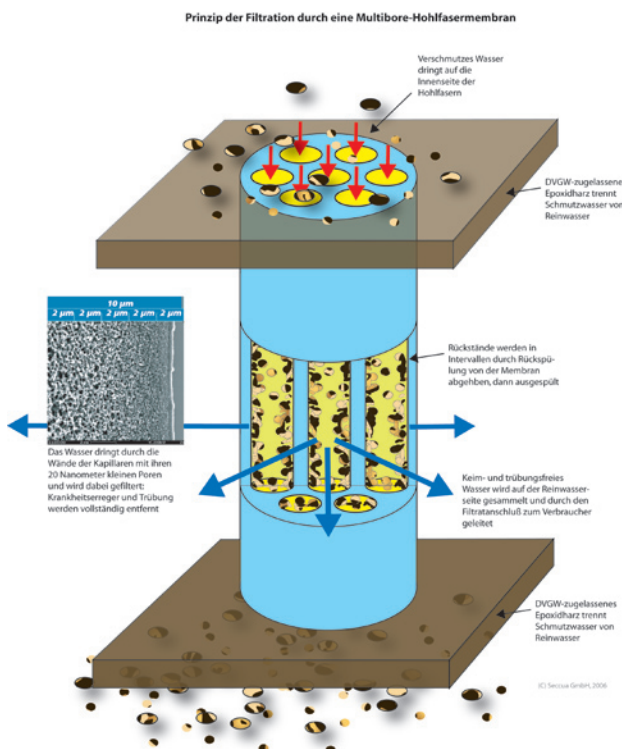


Abbildung 5: Funktionsweise der Multibore-Hohlfaserkapillaren

Während bei herkömmlichen Desinfektionsverfahren zur Sicherstellung der Wirksamkeit zunächst die Trübung aus dem Wasser entfernt werden muß, schafft die Ultrafiltration die Entfernung beider Verunreinigungen in einem Schritt.

Selbst ein Durchbruch von Trübung oder Krankheitserregern ist ausgeschlossen: Steigt die Belastung des Rohwassers, beispielsweise nach einem Regenereignis, so verschmutzt der Filter lediglich

schneller, die automatische Steuerung der Anlagen verkürzt daraufhin die Reinigungszyklen (Abb. 6). Die Filtratqualität der Ultrafiltration hinsichtlich Krankheitserregern bleibt aufgrund der absoluten Porengröße konstant: absolut keimfrei.



Abbildung 6: Automatische Reinigung der Anlagen, im Betrieb ohne Chemie.

Die Spülung der Filter erfolgt automatisch, ausgelöst durch die Steuerung der Anlage, entweder zeitgesteuert (zu festgelegten Uhrzeiten oder in Intervallen) oder durch Überwachung des Druckverlustes zwischen Zulauf- und Reinwasserseite der Filter. Eine Filterspülung dauert in der Regel 20 - 30 Sekunden, sodaß lediglich 2% oder weniger der gesamten, zur Verfügung stehenden Wassermenge für die Spülung der Filter verbraucht werden.

Bei Großanlagen findet, meist monatlich, eine chemische Reinigung der Module zur Entfernung aller Restbeläge auf der Membran, die sich nicht durch eine chemikalienfreie Spülung ablösen lassen, vor Ort statt. Bei Kleinanlagen tauscht der Benutzer die Seccuafilter im Pfandverfahren gegen werksüberholte, geprüfte und gereinigte Membrankartuschen.

Leistung der Ultrafiltration im dezentralen Einsatz

Am Beispiel zweier Anlagen verdeutlicht Abbildung 6, daß selbst bei auftretender Trübung hohe Keimzahlen durch die Ultrafiltration vollständig zurückgehalten werden und gleichzeitig die Trübung zuverlässig auf Werte kleiner als 0,1 FNU reduziert wird.

Die Standzeit der Filter ist dabei abhängig von der Belastung des Rohwassers durch Trübung und vor Allem durch gelöste organische Substanzen. In der Regel beträgt diese aber ein Jahr oder länger, danach müssen die Filter gegen werksüberholte und gereinigte ausgetauscht werden. Erfahrungsgemäß findet der Austausch der Filter meist im Frühjahr nach der Schneeschmelze statt.

Weißt das Wasser aus einer Wassergewinnung Färbung und Geruch auf, so deutet das in der Regel auf die Anwesenheit von Huminstoffen hin. Oft ist dies der Fall, wenn Feuchtwiesen oder Moore im Einzugsbereich einer Quelle oder eines Brunnens liegen. Anders als nicht organische Inhaltsstoffe des Rohwassers wie beispielsweise Schluff und Ton, können Huminstoffe einen schwer zu entfernenden Belag auf der Membran bilden, der die Standzeit der Filter zwischen notwendigen, chemikalienunterstützten Reinigungen verkürzt. Sobald Verdacht auf Anwesenheit solcher Huminstoffe besteht ("TOK" oder "DOC"-Parameter in der Wasseranalyse), sollte vor der Anschaffung einer Filteranlage der Kontakt zum autorisierten Servicepartner eines Herstellers oder zum Hersteller der Filteranlage direkt gesucht werden.

Kosten und Betriebssicherheit

Die Anschaffungskosten kompakter Kleinanlagen liegen derzeit zwischen 1.200 bis 4.500 EUR, abhängig davon, wieviel Wasser aufbereitet werden muß und ob das Rohwasser starke Trübung enthält. Mit diesen Anlagen können dann zwischen 900 bis zu 70.000 Liter/Tag keimfreies Trinkwasser produziert werden.

Die Betriebskosten einer Ultrafiltration liegen zwischen 2 und 7 Ct pro 1.000 Liter gefiltertem Wasser, abhängig vom Verschmutzungsgrad des Rohwassers (Filterstandzeit) und davon, ob der vorhandene Druck zum Betrieb der Filtration ausreicht.

Moderne Kleinanlagen wie die der Seccua sind in der Lage, Volumenstrom und Verschmutzungsgrad der Anlage zu überwachen und den

Betreiber der Wasserversorgung jederzeit über den Leistungsstand oder etwaige Fehlermeldungen auch über große Entfernungen hinweg zu informieren. So kann mittlerweile auch bei abgelegenen zentralen und dezentralen Wasserversorgungen maximal mögliche Betriebssicherheit gewährleistet werden.

Um die Qualität des produzierten Trinkwassers hinsichtlich mikrobiologischer Belastung sicherzustellen, empfiehlt sich grundsätzlich der Einsatz von Filteranlagen mit robusten, bruchsicheren Membranen. Diese sollten neben der einschlägigen KTW-Empfehlung über einen Nachweis hinsichtlich Bakterien- und Virenrückhaltung verfügen (derzeit ist der einzige offizielle Nachweis das DHS-Zertifikat des US-amerikanischen Bundesstaates Kalifornien).

Leistungsnachweis und Überwachung der Wirksamkeit

Die Ultrafiltrationsmembranen, die Verwendung in den Anlagen der Seccua finden, erreichen im Betrieb eine Entfernungsleistung von mehr als 5 Log-Stufen (99,999%) für Bakterien und mehr als 4 Log-Stufen (99,99%) für Viren.

Diese Rückhalteleistung ist jedoch selbst für den Wassermeister eines großen Wasserwerks mit ausreichend finanziellen und technischen Ressourcen nur schwer zu überprüfen, für den privaten Betreiber einer Einzelwasserversorgung gar nicht: Er muß bei der Auswahl einer Ultrafiltration derzeit auf die Angaben des Herstellers vertrauen.

Hier kann das Vorgehen des US-amerikanischen Gesetzgebers helfen: Der Hersteller einer Membran muß, will er seine Membran in den USA zur Entkeimung von Trinkwasser in zentralen Aufbereitungen einsetzen, in harten Tests durch ein neutrales Institut die Rückhaltung seiner Membran für Viren und Bakterien nachweisen. Er erhält dann ein staatliches Zertifikat (CA-DHS), auf dem der Endkunde später Hersteller und Typ sowie die Rückhalterate der Membran für Bakterien und Viren wiederfindet. Dieses Zertifikat kann derzeit auch dem Anwender in Deutschland dienen, unter den Herstellern von Ultrafiltrationstechnologie die Spreu vom Weizen zu trennen.

Ab Ende des Jahres wird die Sicherheit für den Anwender dezentraler Anlagen sogar noch weiter erhöht: in den patentgeschützten Kleinanlagen der Seccua wird dann ein integrierter

Drucktest, wie er in Großanlagen bereits seit Jahren stand der Technik ist und in USA auch bereits in das technische Regelwerk integriert wurde, täglich die Unversehrtheit der eingesetzten Filter testen.

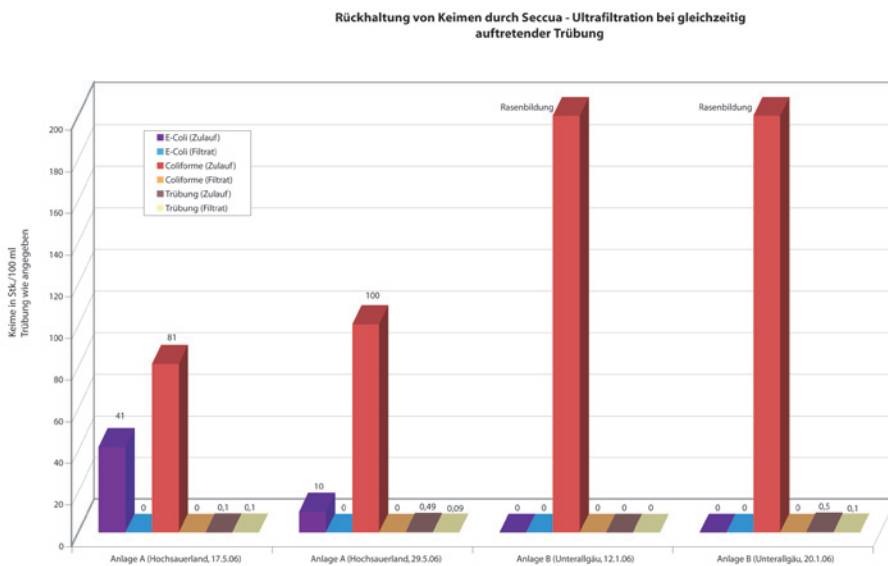


Abbildung 7: Zuverlässige Rückhaltung von Keimen bei gleichzeitiger Reduktion der Trübung

Gesetzgebung und Normung in Deutschland

Basierend auf einer EU-Richtlinie setzt die Trinkwasserverordnung 2001 (TWVO) den Grenzwert für die Fäkalkeime E-Coli, für Coliforme Keime und Enterokokken auf 0/100 ml fest. Die Verordnung hat rechtlich bindende Wirkung, deren Umsetzung nicht nur von den entsprechenden Behörden eingefordert werden kann, sondern die insbesondere die Verantwortlichkeiten klar regelt: Der Betreiber einer Wassergewinnung ist für die Qualität seines Trinkwassers gem. TWVO verantwortlich.

Dies führt dazu, daß ein großer Teil der Wassergewinnungen nun die zugelassenen mikrobiologischen Grenzwerte überschreitet und in akuten Handlungsbedarf gerät. Allein im Bundesland Bayern betraf dies im Jahr 2005, einer Studie des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit zur Folge, 20% aller zentralen und über 60% aller überprüften Einzeltrinkwasserversorgungen.

Die TWVO fordert den Betreiber einer Wassergewinnung in einem solchen Falle eindeutig zum Handeln auf: "... muß eine Aufbereitung, erforderlichenfalls unter Einschluß einer Desinfektion, nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfolgen." Die anerkannten Regeln der Technik finden sich in verschiedenen Dokumenten:

Der Einsatz der Ultrafiltration als Aufbereitungsverfahren sowohl im dezentralen Bereich der Einzelwasserversorgung sowie in zentralen Wasserversorgungen wird sowohl durch die "Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren nach §11 TWVO 2001 (Stand November 2005)" des Umweltbundesamtes, als auch durch die DIN 2000, den Entwurf der DIN 2001 vom Januar 2006 sowie durch verschiedene DVGW Arbeitsblätter ermöglicht.

Die Aufbereitung durch eine regelmäßig geprüfte Ultrafiltration mit ausreichender Viren- und Bakterienrückhaltung macht den nachfolgenden Einsatz einer Desinfektion, wie von der TWVO beschrieben, überflüssig.

Über den Autor:

Michael Hank graduierte 1999 an der Fachhochschule München als Dipl. Ing. (FH) für Versorgungstechnik und arbeitete bis 2002 zuletzt als Vertriebsleiter Zentraleuropa für einen amerikanischen Hersteller von Membranen zur Wasserentsalzung. Im Herbst 2000 gründete er zusammen mit seinem Vater Günter Hank die Inge AG, die er, ab 2002 als deren Vorstand bis 2005 zu einem der weltweit führenden Hersteller von Ultrafiltrationsmembranen, mit heute 45 Mitarbeitern in USA, Europa und China aufbaute. Im Frühjahr 2005 wechselte er in die Geschäftsführung der Seccua GmbH, die sich auf die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb von standardisierten Ultrafiltrationsanlagen zur zentralen und dezentralen Wasseraufbereitung konzentriert.

Weitere Info:

Seccua GmbH, Schichtlstraße 61, 81929 München

Tel: (+49) 0 1805 - 732282

E-Mail: info@seccua.de

Internet: www.seccua.de