



Zur Frage der Notversorgung mit Trinkwasser mittels SEITZ-Filter

On the Problem of Emergency-supply
with Drinking-water by Way of SEITZ-filter

A. HECHMAT

Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 155, 535—540 (1972)
Aus dem Hygiene-Institut der Universität Mainz (Direktor: Prof. Dr. J. BORNEFF)

Abstract

Among the different germ-tight filters, which have come into use for the production of solutions free of bacteria, the Seitz — degerminating-layers have attained special interest. They gained their special position by means of the absorbing capacity of the asbestos-layers.

In experiments up to our days above all tap water (SPROCKHOFF and WAITZ), Phage-bouillon (WILKE and ALBRECHT) and similar things have been examined, but the question how to produce drinking-water out of polluted water in case of need and catastrophies by way of Seitz-filters could not be answered sufficiently.

Our tests now examined the usability of the Seitz-degermination layer for the production of drinking-water in flood-disasters and inundations; the water of the Rhine was taken as a comparable object for the tests.

The differing receptivity of the filters for the Newcastle-virus, T₃-Phage, and the Polio-virus, type II, seems to depend first of all on the size of the virus and not on their concentration in the water. It can be deducted from the results of our tests, that the break-through of the virus suspended in the Rhine-water takes place sooner than of the virus bloated up in springwater.

Taking in account an appropriate safety-surplus we recommend to load a Seitz-EKS-I filter for the emergency-supply with drinking-water up to a maximum of 10 l waste-water or 2500 l river-water per cm². In practise these numbers are of little validity, since such a filter is already stopped up with 0,5 l river-water/cm².

As a result one can say, that EKS-layers are undoubtedly permeable to virus, but that the delay in this permeability is long enough to produce — in case of need — a microbiologically faultless drinking-water.

Zusammenfassung

Durch Filtrationsversuche mit Rheinwasser wurde die Verwendbarkeit der Seitz-Entkeimungsschichten zwecks Herstellung von Trinkwasser bei Not- und Hochwasserkatastrophen getestet. Aus den Untersuchungen geht hervor, daß mittels Verwendung von EKS-I-Schichten die Herstellung eines mikrobiologisch einwandfreien Trinkwassers aus Flußwasser möglich ist, da vor Erschöpfung der Virusadsorptionsfähigkeit des Filters es zur mechanischen Verlegung der Filteroberfläche kommt.

Über die Entkeimung von Lösungen (z. B. von Arzneimitteln) durch Filtration wurden in den letzten Jahren zahlreiche Arbeiten veröffentlicht und dabei wichtige Ergebnisse für die Praxis erzielt.

Unter den verschiedenen keimdichten Filtern, die für die Herstellung bakterienfreier Lösungen Verwendung fanden, haben die *Seitz*-Entkeimungsschichten eine besondere Beachtung erlangt. Ihre Sonderstellung erhielten sie durch die Adsorptionsfähigkeit der Asbestfaserschichten. Diese Eigenschaft wurde zur Herstellung von pyrogenfreier Injektionslösung benutzt (WILKE u. VOSS [9]), (BROCK, GEKS u. LORENZ [2]) und auch bei der Reindarstellung von Virussuspensionen sowie der Abscheidung von Viren aus Flüssigkeiten erreichten die *Seitz*-Filter eine praktische Bedeutung (ALBRECHT u. WILKE [1]).

Experimentell wurde bisher vorzugsweise Leitungswasser (v. SPROCKHOFF u. WAITZ [7]), Phagenbouillon (WILKE u. ALBRECHT [8]) u. ä. untersucht, womit aber die Frage nach der Herstellung von Trinkwasser aus verunreinigtem Flußwasser durch *Seitz*-Filter in Katastrophen- und Notzeiten nicht ausreichend beantwortet werden konnte. V. SPROCKHOFF u. WAITZ (7) haben zwar in ihrer Arbeit auf die besonders große Bedeutung der Gewinnung von Trinkwasser in Krisen- und Notzeiten hingewiesen, bis jetzt wurde aber noch kein Wasser untersucht, das dem der Katastrophenzeiten qualitativ gleichzusetzen ist.

Unsere Arbeit untersucht die Verwendbarkeit der Seitz-Entkeimungsschicht zur Herstellung von Trinkwasser bei Flut- und Hochwasserkatastrophen, wobei das Rheinwasser als vergleichbares Testobjekt genommen wurde.

Material und Methode

Bei allen Filtrationsversuchen wurde mit *Polio-Impfvirus Typ II (P 712-Ch-2 ab)* der *Behringwerke* gearbeitet, das wir auf *Hela*-Zellen in Laktalbumin-Hanks-Lösung hielten. Auch bei den eigentlichen Versuchen wurde eine *Hela*-Zell-Linie verwandt, deren Züchtung in einem Laktalbuminhydrolysat-Hefeextrakt-Medium auf Hanksbasis mit Zugabe von 10 % Kälberserum erfolgte. Das Erhaltungsmedium für beimpfte Kulturen war das gleiche Grundmedium, nur betrug der Kälberserumsatz hier 5 %.

Die Filtrationen führten wir mit EKS-I-Schichten durch. Die Filter wurden vor der Sterilisation des gesamten Filtergerätes eingelegt und bei 120° C 30 Min. autoklaviert. Für alle Versuche wurden Schichten benutzt, die nebeneinander aus einer großen Fläche herausgeschnitten waren, um auf diese Weise eine möglichst große Gleichmäßigkeit des Filtermaterials zu gewährleisten. Das *Filtergerät vom Typ EF 14/2* in Cr-Ni-Mo-Stahl stellten uns die *Seitz-Werke Bad Kreuznach/Rhld.* freundlicherweise zur Verfügung.

Als Suspensionsmittel zur Herstellung der Virusaufschwemmung wurde *Rheinwasser* gewählt, das wir vor dem Gebrauch mit Hilfe eines *Selecta-Faltenfilter (Carl Schleicher & Schüll, 3354 Dassel)* von den groben Trübstoffen befreiten. Im Vergleich zum Rheinwasser haben wir auch Proben von *Brunnenwasser (Alt-Münster-Brauerei in Mainz)* mituntersucht, dessen chemische Analyse folgende Werte (in mg/l) ergab:

KMnO₄-Verbrauch 3,1; Abdampfrückstand 916; Glühverlust des Abdampfrückstandes 313; Chlorid Cl⁻ 101; Ammoniak NH₄⁺ 0,08; Nitrit NO₂⁻ 0,10; Nitrat NO₃⁻ 8,1; Phosphat P₂O₅ 0,08; Eisen Fe⁺⁺ 0,07. Gesamthärte 32,2° dH; Karbonathärte 19,8° dKH; Nichtkarbonathärte 12,4° dNKH, pH 7,40.

Als entsprechende Werte für das Rheinwasser ermittelten wir:

KMnO₄-Verbrauch 26,0; Abdampfrückstand 453; Chlorid Cl⁻ 118,5; Ammoniak NH₄⁺ 1,51; Nitrit NO₂⁻ 0,24; Nitrat NO₃⁻ 3,7; Eisen Fe⁺⁺ 0,19. Gesamthärte 10,9° dH; Karbonathärte 8,0° dKH; Nichtkarbonathärte 2,9° dNKH, pH 7,51.

1. Versuchsreihe

Jeder dieser Flüssigkeiten setzten wir den virushaltigen Gewebekulturüberstand direkt vor der Filtration unter Rühren zu. Um die Abhängigkeit der Filterbelastung von der Viruskonzentration zu untersuchen, haben wir den verschiedenen Volumina (100 und 500 ml) vom Rheinwasser und Brunnenwasser gleiche Virusmengen ($10^{6,6}$ Einheiten) zugegeben. Beim Brunnenwasser steigerten wir aber zusätzlich noch die Viruskonzentration, in dem wir auch zu geringeren Volumina (20, 45, 90 und 180 ml) $10^{6,6}$ Viruseinheiten gaben. Jedes dieser Volumen wurde dann durch eine Filterfläche von 1 cm^2 mit 2 atü filtriert. Zur Feststellung der Maximalbelastung des Seitz-Filters mit Poliovirus Typ II benötigt man eine große Menge von hochkonzentrierter Virussuspension. Da aber die Gewinnung einer solchen Suspension kostspielig und schwierig ist, haben wir deshalb die Adsorptionsfläche des Filters durch eigene Herstellung eines Zusatzteiles auf 1 cm^2 verkleinert.

Damit wir den Zeitpunkt des Virusdurchbruches durch das Filter feststellen konnten, haben wir das Filtrat fraktioniert aufgenommen und untersucht. Das jeweils aufgenommene Filtrat wurde dabei unverdünnt in je 4 Gewebekulturröhrchen mit je 0,25 ml gegeben.

Die Filterbelastung errechneten wir dadurch, daß wir die Menge der Virussuspension, die vom Beginn der Filtration bis zum Durchbruch der Viren gefiltert wurde, mit deren Viruskonzentration multipliziert haben.

Beispiel: Menge der Viren in der Suspension $10^{4,6}/\text{ml}$. Bis zum Durchbruch filtriertes Volumen 10 ml; Filterbelastung = $10^{5,6}$ Viruseinheiten pro 1 cm^2 Filter.

2. Versuchsreihe

Wir gaben 30 ml $10^{4,6}$ Viren pro ml auf das Filter und preßten sie mit 2 atü durch. Der Belastungswert betrug $3 \times 10^{5,6}$ Viren/ cm^2 . Anschließend wurde das beimpfte Filter mit Brunnenwasser (ohne Viruszugabe 100 ml) bei gleichem Druck nachgewaschen.

3. Versuchsreihe

Zunächst haben wir 50 ml Brunnenwasser durch das Filter gegeben, danach $1 \times 10^{3,8}$ Viren aufgebracht und abfiltriert. Anschließend drückten wir nochmals 50 ml Brunnenwasser durch das Filter und belasteten es erneut mit $1,5 \times 10^{3,8}$ Viren. Es folgte eine Nachfiltration mit 30 ml vom Brunnenwasser. Das Filter war damit insgesamt mit $2,5 \times 10^{3,8}$ Viren/ cm^2 belastet.

Ergebnisse

a) Brunnenwasser

Zunächst haben wir die Belastbarkeit des Filters für das künstlich virusverseuchte Brunnenwasser bestimmt. Der *Virusdurchbruch* geschah beim Einsatz von 100 ml $\pm 10^{6,6}$ Viren schon nach der Filtration von 20–30 ml der Suspension. An Hand von drei Versuchen ergab sich dann ein Belastungswert des Filters mit Viren, der zwischen $2\text{—}3 \times 10^{5,6}$ Viren/ cm^2 lag. Bei weiterer Belastung des Filters nahm der Virusgehalt des Filtrats zu, so daß dieser nach Beendigung des Durchlaufes von 100 ml Virussuspension fast den der Ausgangssuspension erreichte.

In zusätzlichen Untersuchungen setzten wir die Viruskonzentration herab, indem wir die Virusmenge konstant hielten und die Menge des Brunnenwassers auf 250 ml erhöhten. Hier fand der Virusdurchbruch nach Ablauf von 75 ml der Suspension statt, d. h. nach einer Belastung von ebenfalls $3 \times 10^{5,6}$ Viren/ cm^2 . Bei $10^{6,6}$ Viren in 500 ml Flüssigkeit durchbrach das Virus das Filter erst nach Ablauf von 100 ml,

was einer Belastung von $2 \times 10^{5,6}$ Viren/cm² entspricht. Durch den Vergleich der drei Belastungswerte ist erwiesen, daß die Konzentrationsänderungen für das Belastungsvermögen des Filters mit Viren keine wesentliche Rolle spielen.

Bei der Beimpfung des Filters und anschließender virusfreier Nachfiltration war das Virus im Filtrat fortlaufend nachweisbar.

In Versuchsreihe 3, in der wir das Filter mit Brunnenwasser vorbehandelt und periodisch mit Viren belastet hatten, konnten in der virusfreien Filtrationsphase keine Viren nachgewiesen werden.

b) Rheinwasser

Bei $10^{5,6}$ Viren in 100 ml Rheinwasser stellt sich der Durchbruch schon nach Ablauf von 10 ml der Virussuspension ein, woraus sich eine Belastung des Filters in Höhe von $10^{5,6}$ Viren/cm² errechnet.

Die drei Wiederholungen erbrachten die gleichen Ergebnisse. Bei weiteren Untersuchungen verminderten wir die Konzentration des Rheinwassers an Viren, indem wir die gleiche Virusmenge in 500 ml Rheinwasser gaben und so eine 5fache Verdünnung erreichten. Jetzt erfolgte der Durchbruch erst nach Ablauf von 50 ml der Suspension. Die errechnete Belastung des Filters betrug also ebenfalls $1 \times 10^{5,6}$ Viren/cm².

Diskussion

Unsere Versuche sollten das Belastungsvermögen des EKS I-Filter für Enteroviren (Poliovirus Typ II) unter verschiedenen Bedingungen feststellen, da in den Versuchen von v. SPROCKHOFF u. WAITZ, WILKE u. ALBRECHT u. a. . . . nur *Phagen* und *Newcastleviren* verwandt worden sind. In der von v. SPROCKHOFF u. WAITZ veröffentlichten Arbeit kam u. a. die Frage auf, weshalb die Filterschichten etwa 100mal mehr Partikel des *Newcastle-Virus* als *T₃-Phagen* zurückgehalten hatten. Sie versuchten die Ursache der unterschiedlichen Belastungsfähigkeit des Filters mit der unterschiedlichen Größe und Gestalt der Viren zu begründen. Insbesondere ging die Vermutung dahin, daß evtl. andersartige elektrische Ladungsverhältnisse an der verschieden starken Adsorption durch Filterschichten beteiligt sind. In diesem Zusammenhang spricht auch DRESCHER von einer Adsorptionsaffinität der Viren.

Vergleicht man das *Newcastle-Virus*, *T₃-Phagen* und das *Polio-Virus Typ II* nach ihrer Größe und Gestalt miteinander, so ergibt sich insofern eine Reihenfolge, als das *Newcastle-Virus* größer als der *T₃-Phage* und der *T₃-Phage* größer als *Polio-Virus Typ II* ist.¹ Vergleichen wir das Belastungsvermögen des Filters für jedes der genannten Viren, so resultiert die gleiche Reihenfolge.

Die unterschiedliche Belastungsfähigkeit der Filter scheint also in erster Linie eine Funktion der Größe der Viren zu sein und nicht eine Folge von deren Konzentration

¹ Das *Newcastle-Virus* besitzt eine Größe von 200 mμ. Aus der Bedampfungsaufnahme geht hervor, daß es sich um flache Scheibchen mit variabler Gestalt handelt. — Der *T₃-Phage* besteht aus einem runden Kopf, der 45 mμ groß ist, er verfügt im Gegensatz zu den übrigen Phagen über keinen erkennbaren Schwanz. — Das *Polio-Virus Typ II* mit einem Durchmesser von 28 mμ ist kugelförmig (6).

im Wasser. Jedenfalls konnten wir in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von DRESCHER, (7) WILKE u. ALBRECHT (8) keine derartige Abhängigkeit des Virusdurchbruches feststellen.

Aus unseren Versuchsergebnissen ist ferner ersichtlich, daß der Durchbruch der im Rheinwasser suspendierten Viren früher als bei denen im Brunnenwasser aufgeschwemmt stattfindet, was vermutlich durch den unterschiedlichen Salzgehalt und die Trübstoffe bedingt ist. Zur Bestätigung dieses Befundes führten wir noch eine Vergleichsuntersuchung von mehreren Proben Rheinwasser und verschiedenem Brunnenwasser durch. Hierbei zeigt sich ebenfalls das gleiche Ergebnis.

Es ist auch anzunehmen, daß die im Rheinwasser vorhandenen Bakterien sich im Filter anlagern und somit seine Adsorptionsfähigkeit in negativer Hinsicht beeinflussen. Der Gehalt an Detergenzien hat möglicherweise auch eine Bedeutung. Da sich das Wasser bei Flut- und Hochwasserkatastrophen nicht wesentlich vom Rheinwasser unterscheiden dürfte, muß bei der Herstellung von Trinkwasser mit Seitz-Filtern in Krisen- und Notzeiten folglich mit einem früheren Durchbruch der Viren gerechnet werden.

Eine Abschätzung der ungefähren maximalen Filterbelastung an Hand des Virusgehaltes des Abwasser und Oberflächenwassers ergibt folgende Richtwerte: Bei einem Virusgehalt von 1000 ID₅₀ pro 100 ml Abwasser (CLARKE [3]) kann das EKS I-Filter bis 39810 ml/cm² belastet werden. Die maximale Beaufschlagung des Filters mit Oberflächenwasser beträgt bei einem Virusgehalt von 4 ID₅₀ pro 100 ml (GRABOW [5]) 9982500 ml/cm². Unter Einrechnung eines entsprechenden Sicherheitszuschlages könnte ein EKS I-Filter zur Trinkwasser-Notversorgung mit maximal 10 l Abwasser bzw. 2500 l Flußwasser pro cm² belastet werden. In praxi haben diese Zahlen aber insofern keine Bedeutung, als ein solches Filter bereits mit 0,5 l Flußwasser/cm² verstopft ist, d. h. vor Erschöpfung der Virusadsorptionsfähigkeit des Filters mit der Folge des Virusdurchbruches kommt es zur mechanischen Verlegung der Filterfläche. Bedenklich wäre also allenfalls ein schwebstoffarmes, aber virushaltiges Wasser, doch ist diese Situation in der Praxis nicht zu erwarten.

Es geht aus unseren Untersuchungen außerdem hervor, daß Filter, die ihr Belastungsvermögen erreicht haben, noch für bestimmte Zeit virusdurchgängig sind, auch wenn die Filter nicht weiter belastet werden. Eine Vorbehandlung des Filters kann dagegen keinen Durchbruch verursachen, solange das Belastungsvermögen des Filters nicht erreicht ist. Insgesamt ist zu urteilen, daß EKS I-Schichten grundsätzlich zwar für Viren durchgängig sind, daß aber die Verzögerung, mit der dieses Ereignis eintritt, groß genug ist, um im Notfalle ein mikrobiologisch einwandfreies Trinkwasser herstellen zu können.

Literatur

1. ALBRECHT, J., H. WILKE: Adsorptionsfiltration von Viren mit Seitz-Entkeimungsfiltern. Arch. Hyg. 146 (1963) 42—54
2. BROCK, N., F. J. GEKS, D. LORENZ: Der Einfluß gelöster Substanzen auf die Entfernung wasserlöslicher Pyrogene durch Filtration (Seitz-Filter). Arzneimittelforsch. 5 (1955) 475—478
3. CLAREKE, N. A., G. BERG, P. W. KABLER, S. L. CHANG: Human enteric viruses in water: Source, Survival, and Removability. Proc. First Int. Conf. Wat. Poll. Res. London 1962, Vol. 2, p. 523. Pergamon Press, London (1964)
4. DRESCHER, CHRISTA: Filtrationsversuche mit Viren. Dissertationsarbeit aus dem Robert-Koch-Institut, Berlin. Leiter: Vizepräsident Prof. Dr. med. G. HENNEBERG. (Jahr n. n.)
5. GRABOW, W. O. K.: The Virology of Waste Water Treatment. Wat. Res. Vol. 2, p. 675. Pergamon Press, London (1968)
6. SCHRAMM, G.: Die Biochemie der Viren. Springer-Verlag Berlin-Göttingen — Heidelberg (1954)
7. SPROCKHOFF, H. v., H. WAITZ: Untersuchungen über die Filtration von bakterien- und virushaltigem Wasser mit Seitz-Entkeimungsschichten. Zbl. Vet.-Med., Reihe B. 12, 3 231—240
9. WILKE, H., J. ALBRECHT: Adsorptionsfiltration von Viren mit Seitz-Entkeimungsfiltern, Arch. Hyg. 145 (1961) 137—144
9. WILKE, H., H. E. VOSS: Die Entfernung pyrogener Substanzen aus Injektionslösungen durch Filtration. Arzneimittelforsch. 4 (1954) 8—14

Dr. A. HECHMAT, Hygiene-Institut der Universität Mainz, D-65 Mainz, Hochhaus am Augustusplatz

SEITZ-Werke GmbH · D-655 Bad Kreuznach
Telefon (06 71) 21 01 · Telex 4-2851

B 70 281 3 972 HK