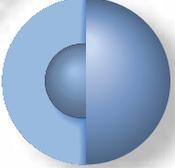


DEM LEBEN VERPFLICHTET



PROVITEC®



Trinkwassersystem **PROaqua® 4200_D**

- Das Multi-Barrier-System -

Das weltweit einzige Trinkwassersystem mit integriertem und hygienezertifiziertem Membranfilter (FDA registriert). Damit setzt der PROaqua 4200_D neue Maßstäbe bei der Trinkwasseraufbereitung.

Der PROaqua 4200_D entfernt durch das patentierte Multi-Barrier-System Problemstoffe zuverlässig aus dem Roh- bzw. Trinkwasser, z. B.:

- Nitrat, Nitrit
- Pflanzenschutzmittel
- Lösungsmittel
- Arzneimittelrückstände
- Antibiotikarückstände
- Hormone
- Schwermetalle
- Bakterien, Parasiten, Viren
- "Kalk"
- u.v.m.

**Auszug aus
den Gutachten**



**Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung,
Familie, Frauen und Gesundheit**



Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung,
Familie, Frauen und Gesundheit, 80732 München

Regierung von Niederbayern
Regierungsplatz 540

84028 Landshut

Ihre Zeichen, Ihre Nachricht vom:

Unser Zeichen, Unsere Nachricht vom:
VII 3/5279-41/8/00

Telefon (089)

1261-2388

Telefax (089)

1261-2169

Zl.Nr.

E 227

München, den

27.01.00

Einsatz von Filtern zur Trinkwasseraufbereitung bei Hausbrunnen

Grundsätzlich soll die Trinkwasserversorgung aus Gründen des vorsorgenden Gesundheitsschutzes durch einwandfreies Grundwasser erfolgen, das keiner Aufbereitung bedarf. Der Einsatz von Filtern zur Aufbereitung von Trinkwasser (z.B. der Firma PROVITEC) kann jedoch in Einzelfällen zweckmäßig sein, insbesondere wenn bei Eigen- oder Einzelversorgungsanlagen vorübergehend anders keine hygienisch einwandfreie Trinkwasserversorgung sichergestellt werden kann oder wenn eine dauerhafte Sicherung der Trinkwasserversorgung auf andere Weise (z.B. Anschluß an zentrale Versorgungsanlage, Sanierung des bestehenden Brunnens, Erschließung eines geschützten Wasservorkommens durch einen neuen Brunnen) ausscheidet.

I.A.


Dr. Gran
Ministerialrat

a) Kreisverwaltungsbehörden
b) Landratsämter - für den
Land

zur Kenntnis

28.1.2000
Polunjan

Dienstgebäude:
Winzerstraße 9
80707 München

Telefon (Vermittlung)
(089) 1261 - 01
Telefax
(089) 1261 - 1122
E-Mail
Poststelle@stmas.bayern.de
Internet:
<http://www.stmas.bayern.de>

Örtliche Verkaufsstellen



Theresienstraße
Jozsefplatz



53 Infantenstraße 50d



20
21 Lohstraße



Güterverkehrsnetze
Parkplätze u. der
Teilgarage

Bayerische Landesbank München,
Konto-Nr. 24 562 (BLZ 700 500 00)
Bayerische Hypo- und Vereinsbank München AG,
Konto-Nr. 50 114 (BLZ 700 202 70)

LGA • Postfach 30 22 • D-90014 Nürnberg

Bayerisches Staatsministerium für
Landesentwicklung und Umweltfragen
Hr. Ministerialrat Hurler

Postfach 810140

81901 München

Ihre Nachricht
vom 08.06.1998

Ihr Zeichen
10/7-4413.5-1998/1

Unser Zeichen
MIH/M.Uhr

Sachbearbeiter
Michael Uhr

Telefon
(09 11) 65 55-741

Nürnberg,
26.06.1998

Trinkwasserfilter der Firma Provitec GmbH, Passau

Sehr geehrter Herr Ministerialrat Hurler,

in Ihrem Schreiben vom 08.06.1998 an die Industrie- und Handelskammer in Passau bitten Sie u.a. die LGA, zu ihrer Pressemitteilung 55/1997 über den oben genannten Trinkwasserfilter, zu den dort aufgeführten Fragen Stellung zu nehmen. Als Anlage zu diesem Schreiben erhalten Sie die gewünschten Antworten.

Mit freundlichen Grüßen

LGA - Bereich Produkte
Mikrobiologie und Hygiene



Dr. Doroethee Boeck
Chemieoberrätin



Michael Uhr
Dipl.-Ing. (FH)

im Abdruck zur Kenntnisnahme an Firma Provitec GmbH, Passau

Anlage:
Kopie der Pressemitteilung
Antworten zu den gestellten Fragen

Stellungnahme der LGA

zum Schreiben vom 08.06.1998

des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

Zu Frage a)

„Unter welchen Betriebs- und Wartungsbedingungen wurde der PROaqua 4200 getestet?“

Das Testwasser wurde in einem 700 l fassenden Vorratsgefäß angesetzt. Mittels einer Pumpe wurde das Wasser mit einem Volumenstrom von 2 l/min, laut Bedienungsanweisung des Herstellers, durch den Wasserfilter gefördert. Vor Beginn der Versuchsdurchführung wurden aus dem Vorratsgefäß Proben zur Bestimmung der Ausgangskonzentrationen für die einzelnen Parameter entnommen. In den Tabellen sind diese als „nach 0 Ltr.“ gekennzeichnet.

Entsprechend dem vorgelegten Prüfplan des Auftraggebers wurden dann die Proben nach dem Wasserfilter entnommen.

Die Wartungsbedingungen des Herstellers wurden absprachegemäß nicht berücksichtigt, um auch unter diesen extremen Bedingungen Aussagen über Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Filtrationsqualität des Trinkwasserfilters PROaqua 4200 treffen zu können.

Zu Frage b)

„Welche Trinkwasserbeschaffenheit (WVU) lag der Testreihe zugrunde?“

Für die Durchführung der chemischen Untersuchungen wurde ein synthetisches Wasser aus Nürnberger Leitungswasser unter Zugabe von beispielsweise Nitrat, „Kalk“, Ammonium, Blei, Nickel, Chlor (aus Chlorbleichlaug), Tetrachlormethan, Tetrachlorethen und die Pflanzenschutzmittel Atrazin, Desethylatrazin, Simazin und Metazachlor hergestellt. Als Zugabemenge wurden je nach zu prüfenden Parametern zum Teil extrem hohe Ausgangskonzentrationen herangezogen, die normalerweise in der Praxis nicht vorkommen. Trotz dieser enorm hohen Belastungen waren die Ergebnisse des PROaqua 4200 einwandfrei. Die Prüfungen erfolgten analog den entsprechenden DIN-Vorschriften für die einzelnen Parameter. Das Analytikzentrum der LGA ist ein akkreditiertes Labor.

Für die Durchführung der mikrobiologischen Untersuchungen wurde ebenfalls synthetisches Wasser aus Nürnberger Leitungswasser unter Zugabe von Koloniestämmen, coliforme Keime sowie Escherichia Coli hergestellt. Die Prüfungen erfolgten nach Anlage 1 der TrinkwVO sowie nach DIN 38411-K5 und DIN 38411-K6. Alle Ergebnisse waren erwartungsgemäß einwandfrei, denn:

Der im PROaqua 4200 eingesetzte Bakterienfilter der Firma SATORIUS, Göttingen, ist den Filterstoffen nachgeschaltet, d.h. alle Mikroorganismen die sich z.B. im Brunnenwasser, in der Fernversorgung oder im Trinkwasser befinden können, werden vollständig zurückgehalten. Die Mikrobiologie nach dem Trinkwasserfilter PROaqua 4200 verhält sich wie in einem normalen Rohrleitungssystem.

Auszug aus den technischen Unterlagen der Firma Satorius AG, Göttingen.
(U.a. Hersteller der Sartobran-P und -PH Bakterienfilters)

Hitzelabile Lösungen wie z.B. serumhaltige Gewebekulturen können nicht durch Autoklavieren sterilisiert werden. Kaltsterilisation mit Membranfiltern ist sicher und einfach und auch dann zu empfehlen, wenn autoklavierbare Flüssigkeiten schnell sterilisiert werden müssen. Für die Sterilisation werden validierte Membranfilter der Porenweite 0,2 µm verwendet, die Bakterien und größere Makroorganismen auf der Oberfläche zurückhalten. Die Sicherheit steht bei der Sterilisation im Vordergrund. Ein Durchbruch von bereits abgetrennten Mikroorganismen ist nicht möglich, auch nicht bei hohen Druckschwankungen oder Druckstößen (Differenzdruck 5 bar).

Das bei der Herstellung der Membranfilter verwendete Material ist medizinisch unbedenklich, hat keine toxischen Eigenschaften (überprüft nach USP) und die Fertigung erfolgt unter Reinheitsklasse 10.000 (USP). Die umfangreiche Endproduktqualitätskontrolle gewährleistet die notwendige Sicherheit beim Einsatz der Produkte als Sterilfilter.

Hauptanwendungen:

Sterilfiltration von Wasser, wäßrigen Lösungen, hitzeempfindlichen Nährlösungen, Vitaminlösungen, Seren, Virusimpfstoffen, Plasmafraktionen, Enzymen (0,2 µm).

Aufgrund des beschriebenen Anwendungsgebietes des Bakterienfilters, der im PROaqua 4200 verwendet wird, stellt sich für uns nicht die Frage nach der Produktsicherheit gegenüber mikrobiologischen Verunreinigungen des Filters. Dies können wir voraussetzen. Der verwendete Bakterienfilter ist demnach eigentlich für seinen Einsatzzweck im PROaqua 4200 überqualifiziert. Die Sicherheit steht aber im Vordergrund aller Bemühungen. So ist grundsätzlich davon auszugehen, daß das gefilterte Wasser den Anforderungen mehr als genügt, sonst könnte z.B. kein Arzt mehr ein Serum oder einen Impfstoff verabreichen.

Bei der Untersuchung des PROaqua 4200 in mikrobiologischer Hinsicht wurde überprüft, inwieweit Bakterienwachstum und eine Biofilmbildung im Filter und in den Filtermedien die Verwendungsdauer des Bakterienfilters negativ beeinflusst. Erfahrungsgemäß würde ein solcher Bakterienfilter innerhalb 1 Woche durch Biofilmbildung „zuwachsen“. Es könnte somit kein Wasser mehr austreten.

Durch eine entsprechende Filtertechnik, verwendete Materialien und verschiedenen Vorkehrungen im Filtersystem, wird nach vorliegenden Erkenntnissen ein Bakterienwachstum und somit eine Biofilmbildung vor dem Bakterienfilter weitestgehend verhindert. Selbst nach einer Standzeit von ca. 4 Monaten eines benutzten und mit Bakterien beladenen Trinkwasserfilters war keine Verringerung der Durchflusssmengen erkennbar und das Ergebnis der mikrobiologischen Untersuchung war einwandfrei.

Nach unserer Information ist der PROaqua 4200 seit Herbst 1996 im praktischen Einsatz und es wurde bis heute keine Verringerung der Durchflußleistung durch z.B. Biofilmbildung festgestellt. Gerade diese ausgesprochen sehr lange Einsatzdauer für diesen Bakterienfilter spricht für die Sicherheit und die hervorragende technische Konzeption des PROaqua 4200 auch und vorallem in mikrobiologischer Hinsicht.

Aus den Erkenntnissen unserer Untersuchungen seit 1990 von verschiedenen Prototypen des Erfinders des PROaqua 4200, Herrn Roland Bilz, hat er die Filterkonstruktion kontinuierlich optimiert und damit die Grundvoraussetzung für die Einsatzmöglichkeit eines Bakterienfilters im PROaqua 4200 geschaffen.

Aufgrund der Qualitätsanforderungen eines Bakterienfilters der Firma SATORIUS und auf der Grundlage praxisbezogener Überlegungen beim Einsatz des PROaqua 4200 zur Filtration von Trinkwasser ist davon auszugehen, daß der PROaqua 4200 auch ohne Wartung in mikrobiologischer Sicht einwandfreies Trinkwasser liefert.

Zu Frage c)

„Inwieweit waren die Gesundheitsbehörden und die öffentliche Wasserversorgung in die dortigen Wertungen eingebunden?“

Von unserer Seite wurden die Gesundheitsbehörden oder die öffentliche Wasserversorgung nicht in die Untersuchungen einbezogen worden, da eine objektive Interpretation und Bewertung der vorliegenden Prüfergebnisse und der angewandten Filtertechnologie von einem Fachkundigen selbst durchgeführt werden kann. Die Ergebnisse sprechen im übrigen für sich. Nach Rücksprache mit dem Hersteller des Trinkwasserfilters PROaqua 4200 können die Prüfberichte selbstverständlich eingesehen werden.

Nürnberg, den 26.06.1998
U./Ad.

LGA - Bereich Produkte
Mikrobiologie und Hygiene



Dr. Dorothee Boeck
Chemieoberratin



Michael Uhr
Dipl.-Ing.(FH)

28. Januar 2000

Gutachten zur Elimination von
Poliovirus
aus dem Wasser durch
Trinkwasserfilter PROaqua 4200
der Firma PROVITEC, D-94036 Passau

**I. Fragestellung bei der hier durchgeführten Prüfung eines
Trinkwasserfiltrationssystems bezüglich der Reduktion von im Wasser
vorhandenen Viren**

Geeignete Trinkwasserfiltrationssysteme können durch Filtration, Adsorptionsvorgänge und Ionenaustausch Schwebstoffe, Schwermetalle (Blei, Cadmium, Nickel), Halogenkohlenwasserstoffe, Chlor, Anionen (Nitrat, Nitrit, Sulfat) und Bakterien weitgehend aus dem Wasser entfernen.

Neben Bakterien stellen umweltresistente Viren wichtige Krankheitserreger dar, die auch im Wasser vorkommen können. Zu den in fäkal kontaminiertem Wasser vorkommenden Viren gehören insbesondere die Picornaviren (Polio-, Echo-, Coxsackieviren) und die Rotaviren. Picornaviren können eine Vielzahl verschiedener Erkrankungen auslösen (z.B. Poliomyelitis, Meningitis, Myocarditis, Hepatitis, Erkältungskrankheiten bis hin zur Pneumonie), und Rotaviren sind weltweit die wichtigste Ursache einer durch Viren ausgelösten Durchfallerkrankung. Es ist deshalb wichtig zu wissen, ob ein Wasseraufbereitungssystem auch in der Lage ist, eine virale Kontamination zu reduzieren.

Da Viren etwa 100- bis 1000-fach kleiner sind als Bakterien, und ihr Durchmesser mit 15-300 Nanometer deutlich kleiner ist als die Porengröße der in Filtrationssystemen verwendeten Filter, kann eine Reduktion der Viruskonzentration nicht durch Filtration erfolgen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die Viruskonzentration durch Adsorption der Viren im Filtrationssystem absinkt. Dieses Prinzip der Adsorption von Viren wird auch erfolgreich in den in sterilen Werkbänken verwendeten Luftfiltrationssystemen eingesetzt.

Ziel der hier vorgenommenen Prüfung des PROVITEC PROaqua Trinkwasserfilters 4200 war es, die Reduktion von Poliovirus zu prüfen, das in hoher Konzentration dem Wasser beigegeben worden war. Poliovirus wurde aus folgenden Gründen als Testvirus gewählt:

1. Es gehört mit einem Durchmesser von etwa 27 Nanometern zu den kleinsten Viren überhaupt. Eine Reduktion der Viruskonzentration durch Filtration, die bei großen Viren vielleicht in geringem Grad möglich ist, scheidet sicher aus.

2. Poliovirus ist außerordentlich resistent. Eine nennenswerte spontane Inaktivierung des Virus während der Prüfung, die nichts mit dem Filtrationsvorgang zu tun hat, braucht nicht berücksichtigt zu werden.

3. Poliovirus kann als repräsentativ für die große Familie der Picornaviren angesehen werden, zu der viele im Wasser vorkommende humanpathogene Viren gehören.

4. Poliovirus kann für Prüfzwecke leicht in großen Mengen in Gewebekultur hergestellt werden, und es ist in Form des Plaque-Tests ein Verfahren vorhanden, mit dem infektiöse Viruspartikel leicht quantifiziert werden können.

Aufgrund der letzten beiden Punkte wird auch bei der Wirksamkeitsprüfung von Instrumentendesinfektionsmitteln Poliovirus als repräsentatives Testvirus verwendet. Wegen den hohen methodischen Schwierigkeiten und des hohen Arbeitsaufwandes erfolgt die virologische Prüfung von Desinfektionsmitteln derzeit praktisch nur im Suspensionsversuch. Diejenige Konzentration eines Desinfektionsmittels gilt als wirksam, die bei der jeweiligen Einwirkdauer den Titer an infektiösem Virus um mindestens vier Zehnerpotenzen (vier log 10-Stufen oder um das Zehntausendfache) herabsetzt. Das Vorgehen bei einer virologischen Prüfung von Desinfektionsmitteln und die Bewertung der Testergebnisse ist in einer Richtlinie festgelegt (Richtlinie des Bundesgesundheitsamts und der Deutschen Vereinigung zur Bekämpfung der Viruskrankheiten zur Prüfung von chemischen Desinfektionsmitteln auf Wirksamkeit gegen Viren. Bundesgesundheitsbl. 25: 397-398, 1982; Kuwert und Spicher. Kommentar zur Richtlinie des Bundesgesundheitsamts und ... Bundesgesundheitsbl. 26: 413-415, 1983).

Hier soll geprüft werden, ob eine ähnliche Reduktion der Viruskonzentration, wie sie bei der Prüfung von Desinfektionsmitteln gefordert wird, auch durch das Wasserfiltrationssystem der Firma PROVITEC erzielt werden kann.

II. Geprüftes Trinkwasserfiltrationssystem

Das Trinkwasserfiltrationssystem PROaqua 4200 wird von der Firma PROVITEC, Max-Emanuel-Str. 2, D-94036 Passau, vertrieben. Es handelt sich um ein Untertischgerät (Gesamthöhe 45,6 cm, Durchmesser 22,7 cm), das bei Anschluß an die öffentliche Wasserversorgung bis zu 2 Liter gefiltertes Wasser pro Minute zur Verfügung stellt. Das Filtergehäuse enthält verschiedene Schichten (Kiesbett-Filter, Aktivkohle, Nitrat-Harz, Dolomit-Gestein, Redoxol-Wolle, Bakterienfilter) die durch Filtervliese getrennt sind. Ein frisch bestücktes Filtrationssystem wurde unserem Labor Anfang Dezember 1999 vom Geschäftsführer der Firma, Herr Roland Bilz, übergeben.

III. Methodik der Prüfung

Testvirus: Zur Prüfung der Wirksamkeit wurde Polio Typ 1-Virus (Stamm Mahoney) verwendet.

Gewebekulturzellen: Die Herstellung von Poliovirus-Suspension erfolgte in Hela-Zellen. Als Wachstumsmedium für die Zellen diente Minimum Essential Medium (MEM; Flow, Meckenheim) mit 10 % fetalem Kälberserum.

Herstellung der Virussuspension: Die für die Prüfung benötigte Virussuspension wurde in einem Wannenstapel (Nunc, Heidelberg) hergestellt. Als Wachstumsmedium für die Zellen diente MEM mit 100 U/ml Penicillin und 100 µg/ml Streptomycin, dem 10 % fetales Kälberserum zugesetzt worden war. Das sonst gleich zusammengesetzte Erhaltungsmedium, das nach der Virusinfektion des dichten Zellrasens eingesetzt wurde, enthielt 2,5 % fetales Kälberserum.

Sobald etwa 80 % der Zellen einen zytopathischen Effekt aufwiesen, wurden die Kulturen mit 1/10 des ursprünglichen Volumens des Mediums ohne fetales Kälberserum beschickt und dreimal gefroren und getaut. Nach Abzentrifugieren von Zellresten (3000 g, 10 Minuten) wurde der virushaltige Überstand portioniert und bei -70 °C bis zur Prüfung aufbewahrt.

Vorgehen bei der Prüfung der Reduktion der Viruskonzentration durch das Wasserfiltrationssystem:

Apparative Anordnung: Aus einem 1,5 Meter über dem Boden Filtrationssystems befindlichen Glaskolben wurde mit Hilfe eines dem System beiliegenden Schlauchs das zu filtrierende Wasser zum Wasserzulauf des Systems geleitet. Nach der Passage durch das Filtrationssystem wurde das Wasser vom Wasserauslauf mit einem Schlauch in einem weiteren Glaskolben aufgefangen, dessen Boden sich 0,5 Meter unter dem Boden des Filtrationssystems befand. Der für den Durchlauf verwendete hydrostatische Druck entsprach deshalb einer Wassersäule von 2 Meter. Dies führte zu einer Fließgeschwindigkeit von etwa 1 Liter pro Minute. Zur Unterbrechung des Wasserflusses wurde der Zufluß- und der Abflußschlauch mit chirurgischen Klemmen abgeklemmt.

Für alle Versuche wurde steriles, entmineralisiertes Wasser (Ampuwa, Fresenius) verwendet.

Viruszugabe zum Wasser und Probennahme vor und nach der Filtration: Vor Zugabe von Poliovirus-haltigem Wasser wurde das Filtrationssystem mit 6 Liter Wasser gespült und dann am Auslauf eine **Wasserprobe zur Toxizitätskontrolle** entnommen.

Dann erfolgte der Durchlauf von 2 Litern Wasser, das etwa 10^8 infektiöse Polioviren pro Milliliter enthielt (6 ml einer Poliovirus-suspension, die in einer früher durchgeführten Titration etwa 10^{11} infektiöse Einheiten pro Milliliter enthalten hatte, wurden zu 2 Liter Wasser zugegeben). Aus diesem Wasser wurde eine **Probe für die Bestimmung der Ausgangskonzentration des Poliovirus** entnommen. Dann wurde das Poliovirus-haltige Wasser durch das Filtrationssystem geleitet. Die darauffolgende Spülung des Filtrationssystems erfolgte wieder mit Wasser, das kein Poliovirus enthielt.

Da das Totvolumen des Filtrationssystems nach Angabe des Herstellers etwa 2 Liter beträgt, wurden die ersten 2 Liter des Auslaufs verworfen. Zur Untersuchung auf eventuell durchlaufendes Poliovirus wurde eine **Probe nach 3 Liter Durchlauf** entnommen. Zudem wurde eine **Probe aus einem Pool des 3. und 4. Liters des Durchlaufs** gezogen.

Um eine Verzögerung des Virusdurchflusses erkennen zu können, wurde eine weitere **Probe nach 6 Liter Durchlauf** durch die Filtrationsanlage genommen.

Um eine eventuelle spätere Ablösung von absorbiertem Virus erkennen zu können, wurde das Filtrationssystem **nach 24 Stunden, 48 Stunden und 7 Tagen** erneut mit jeweils 2 Liter Wasser durchspült. Aus diesen 2-Literpools wurde jeweils eine Probe für die Untersuchung auf Poliovirus entnommen.

Infektiositätstiter im Plaque-Test: Alle Wasserproben wurden 1:10 mit MEM, das 10 % fetales Kälberserum enthielt, verdünnt.

Mit jeweils einem Milliliter dieser Verdünnung (10^{-1} Verdünnung der Proben) und weiteren Zehnerverdünnungen wurden jeweils 2 Schälchen von Falcon 3046 Multiwellplatten mit 6 Vertiefungen und flachem Boden (Becton Dickinson Labware, Lincoln Park / New Jersey), die einen dichten Zellrasen von Hela-Zellen enthielten, inokuliert. Nach 1 Stunde Adsorptionszeit des Virus bei Raumtemperatur wurde die überstehende Flüssigkeit abgezogen. Dann wurde der Zellrasen der Schälchen mit 2 ml 2%iger, durch Kochen verflüssigter Agarose (Serva Feinbiochemica / Heidelberg, high EEO, reinst, Katal. Nr. 11397) die mit doppelt konzentriertem MEM mit 3%igem fetalem Kälberserum im Verhältnis 1:1 gemischt und im Wasserbad auf 40 °C abgekühlt worden war, überschichtet. Nach Erstarren der Agarose bei Raumtemperatur wurden die Platten bei 37 °C für 2 Tage im CO₂-Brutschrank inkubiert.

In dieser Zeit entwickelte sich unter der Agarschicht an jeder Stelle des Zellrasens, an der ein infektiöses Viruspartikel adsorbiert worden war, ein Gebiet abgetöteter Zellen (ein Plaque). Die Zahl der Plaques zeigt also die Zahl der in einer bestimmten Verdünnung des Versuchsansatzes vorhandenen infektiösen Viruspartikel an. Die Plaques wurden durch ein Färbeverfahren sichtbar gemacht. Zu jeder Vertiefung wurde 1,0 ml 0,1%iges Brilliant Blue R (Sigma Chemie, Deisenhofen, Katal.-Nr. B0149) in 20 % Methanol und 5 % Essigsäure für 30 Minuten zugegeben. Im blau gefärbten Zellrasen wurden ungefärbte Plaques deutlich sichtbar. Aus jeweils zwei Ansätzen einer Verdünnung wurde ein Mittelwert der Plaquezahl errechnet.

IV. Ergebnis der Prüfung

1. Ergebnis der Kontrollexperimente

Zellkulturkontrolle: Zum Ausschluß einer unspezifischen Zerstörung des Zellrasens und zum Nachweis eines normalen Wachstums der Zellkultur wurden 2 Vertiefungen einer Multiwell-Platte nicht mit Wasserproben beimpft. Es zeigte sich ein normaler, dichter, gut anfärbbarer Zellrasen.

Toxizitätskontrolle: Zum Ausschluß einer Toxizität des filtrierten Wassers für die Gewebekultur wurde die oben beschriebene Toxizitätskontrolle in der Verdünnung 10^{-1} , 10^{-2} und 10^{-3} zu jeweils 2 Vertiefungen zugegeben. Auch hier zeigte sich ein normaler, dichter, gut anfärbbarer Zellrasen. Somit war schon in der Verdünnung 10^{-1} keine Toxizität der Wasserproben vorhanden.

2. Messung der Virusreduktion durch die Wasseraufbereitung

Zugegebene Poliovirusmenge: Die Titration einer Probe aus dem zugegebenen Poliovirus-haltigen Wassers zeigte bis zur Verdünnung 10^{-6} eine völlige Zerstörung des Zellrasens. In der Verdünnung 10^{-7} wurden 85 bzw. 73 Plaques gezählt. Die Ausgangskonzentration des Poliovirus im Wasser betrug damit $7,9 \times 10^8$ für die Gewebekultur infektiöse Polioviruspartikel pro Milliliter. Mit 2 Litern Wasser wurden somit dem Filtrationssystem insgesamt $1,58 \times 10^{12}$ Polioviren zugeführt.

Messung der Polioviruskonzentration nach Wasseraufbereitung: Nach dem Durchlauf durch die Aufbereitungsanlage konnte lediglich in der Probe, die nach 3 Liter Durchlauf gewonnen worden war in der Verdünnung 10^{-1} in einem der beiden Schälchen 3 Virusplaques registriert werden. In der Verdünnung 10^{-2} und weiteren Verdünnungen waren keine Plaques nachweisbar. Dies entspricht einer Viruskonzentration von $1,5 \times 10^1$ Viruspartikeln pro Milliliter. Da das Totvolumen des Aufbereitungsanlage etwa 2 Liter beträgt, stammt die nach 3 Litern Durchlauf entnommene Wasserprobe aus der Mitte der zur Aufbereitung zugeführten 2 Liter Poliovirus suspension, die $7,9 \times 10^8$ Viruspartikel pro Milliliter enthielt. Die Polioviruskonzentration wurde damit bei der Aufbereitung um mehr als das 10^7 -fache reduziert.

Eine Wasserprobe, die aus dem gepoolten 3. und 4. Liter des Auslaufs nach der Zugabe von Poliovirus entnommen worden war, zeigte bereits in der Verdünnung 10^{-1} keine Plaques. Die Viruskonzentration liegt damit in diesem Pool unter 10 Viruspartikeln pro Milliliter.

Auch die Wasserproben, die nach weiterem Durchlauf von jeweils 2 Liter Wasser nach 24 Stunden, 48 Stunden und 7 Tagen gewonnen waren, zeigten bei der Prüfung einer 10^{-1} -Verdünnung keine Virusplaques.

V. Beurteilung

Die hier durchgeführte Prüfung des Trinkwasserfilters PROaqua 4200 der Firma PROVITEC zeigte, daß im Zulaufwasser vorhandenes Poliovirus in der Wasseraufbereitungsanlage um mehr als den Faktor 10^7 in seiner Konzentration reduziert wird. Dabei wurden bei dieser Prüfung 2 Liter Wasser mit einer extrem hohen Viruskonzentration von $7,9 \times 10^8$ infektiösen Viruspartikeln pro Milliliter zugeführt. Viruskonzentrationen die im Rohwasser vor einer Filtration vorhanden sein können, liegen jedoch fast immer an der Nachweisgrenze des Virus. Oft gelingt der Virusnachweis erst nach Konzentration des Virus aus großen Wassermengen. Es kann daher davon ausgegangen werden, daß das hier geprüfte Filtrationssystem in fast jeder Situation eventuell im Wasser vorhandene Viren zuverlässig entfernt.

Die hier gemessene Reduzierung der Viruskonzentration um mehr als 7 log 10-Stufen (auf weniger als ein zehnmillionstel der Ausgangsmenge) ist ein hervorragender Wert. Bei der Prüfung von Desinfektionsmitteln auf Wirksamkeit gegen Viren fordert die Prüfrichtlinie zum Wirksamkeitsnachweis lediglich eine mindestens 10 000-fache Reduzierung (um 4 log 10-Stufen) der Viruskonzentration. Der Trinkwasserfilter PROaqua 4200 von PROVITEC kann deshalb als hervorragend geeignet angesehen werden, um krankheitserregende Viren aus dem Trinkwasser zu entfernen.



Prof. Dr. G. Frösner

Ergebnisbericht zum Laborversuch

Abtrennung von natürlicher Radioaktivität aus Trinkwasser mit dem Filter PROaqua 4200

für die

Provitec Trinkwasseraufbereitungstechnologie GmbH

Kapellenweg 10 d
D-94155 Otterskirchen

Verfasser:

Dr. rer. nat. Sascha Wisser

Februar 2005

**ESWE-Institut für Wasserforschung und
Wassertechnologie GmbH**

Kurfürstenstr. 6
65203 Wiesbaden

1 Einleitung

1.1 Anlass

Natürliche Radioaktivität ist in den vergangenen Jahren zunehmend ins öffentliche Interesse gelangt. Dies ist insbesondere auf die Gesundheitsgefahren zurückzuführen, die von radioaktiven Substanzen im Trinkwasser ausgehen können. Die novellierte Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) enthält erstmals eine „Gesamtrichtdosis“ für die Aufnahme natürlicher und künstlicher Radionuklide mit dem Trinkwasser, die zum 01. Dezember 2003 in Kraft getreten ist. Darüber hinaus ist ein Grenzwert für die chemische Toxizität des Elements Uran im Gespräch, der voraussichtlich im Bereich von 15 µg/l liegen wird und zahlreiche Trinkwässer in Deutschland betreffen würde.

Das ESWE-Institut beschäftigt sich bereits seit zwei Jahrzehnten mit der Entfernung von Radionukliden bei der Wasseraufbereitung. Bei unseren aktuellen Untersuchungen wurden wir auf den Filter Proaqua 4200 der Firma Provitec aufmerksam, der aufgrund des Multi-Barrieren-Systems vielversprechende Eigenschaften zur Abtrennung von Radioaktivität aufweist. Die Firma Provitec hat das ESWE-Institut daher mit der Durchführung der hier beschriebenen Experimente beauftragt, um das Abtrennungsverhalten des Filters PROaqua 4200 hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Laborversuchen feststellen zu lassen.

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Aufgabenstellung des Projektes umfasste nach Absprache mit dem Auftraggeber hauptsächlich die folgenden beiden Aspekte:

1. *Ermittlung der Abtrennungsrate von natürlichen Radionukliden aus einem radioaktiv belasteten Modellwasser mit dem Filter PROaqua 4200 im Labormaßstab,*
2. *Beschreibung und Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf den Einsatz des Filters PROaqua 4200 in privaten Haushalten*

Es handelt sich folglich um reine Laborversuche, die am ESWE-Institut für Wasserforschung und Wassertechnologie in Wiesbaden durchgeführt werden sollten. Das radioaktive Modellwasser sollte am ESWE-Institut hergestellt werden und einen Trinkwasser-ähnlichen Chemismus aufweisen. Bei den Laborversuchen sollte die Frage beantwortet werden, ob das Filtersystem PROaqua 4200 grundsätzlich radioaktive Stoffe aus Trinkwasser abtrennen kann. Über die Nachhaltigkeit der Abtrennung bzw. Lebensdauer des Filters bei der Gegenwart von Radioaktivität sollten im Labormaßstab zunächst keine Aussagen getroffen werden. Für diesen Ansatz war ein Wasservolumen von ca. 1.000 Litern vorgesehen, das dem Filter über eine einfache Laborvorrichtung zugeführt werden sollte. Die Radioaktivität des Modellwassers sollte in derselben Größenordnung liegen, wie sie in deutschen Trinkwässern tatsächlich vorkommt bzw. vorkommen kann.

2 Versuchsablauf

Zur Durchführung der Laborversuche wurde dem ESWE-Institut ein handelsüblicher Filter vom Typ PROaqua 4200 kostenlos zur Verfügung gestellt. Dieser Trinkwasserfilter wurde nach Herstellerangaben zur Entfernung von Schadstoffen, gleich welcher Art und Konzentration, aus Roh- oder Trinkwasser entwickelt. Zur Überprüfung dieser Aussage im Hinblick auf Radioaktivität wurden insgesamt sechsmal 170 Liter eines Modellwassers mit erhöhten Konzentrationen radioaktiver Substanzen hergestellt und in einem Vorratsgefäß gesammelt (Abbildung 1).



Abbildung 1: Das Vorratsgefäß für den Abtrennungsversuch

Vor Beginn der Versuche wurde der Gehalt an radioaktiven Stoffen im Modellwasser genau bestimmt. Die Inbetriebnahme des Filters im ESWE-Institut erfolgte am 17. November 2004 durch einen Mitarbeiter der Firma Provitec, Herrn Klaus-Jürgen Paetsch. Bei dieser Inbetriebnahme wurde der Filter exakt nach den Vorgaben des Herstellers angeschlossen, also wie es beim Kunden normalerweise erfolgt. Nachfolgend wurde das Wasservolumen – verteilt auf mehrere Wochen – durch den Filter laufen lassen. Das aufbereitete Wasser („Reinwasser“) wurde in regelmäßigen Abständen beprobt und auf radioaktive Substanzen untersucht. Anschließend wurde das Reinwasser über die Kanalisation abgeleitet.

3 Ergebnisse

Zur Vereinfachung des Analysenaufwandes wurden lediglich die **Gesamt-Alpha-Aktivitäten** der Wasserproben gemessen. Unter diesem Summenparameter werden alle im Wasser vorkommenden Alpha-Strahler erfasst, zu denen sowohl Uran als auch Radium gehören. Es sei an dieser Stelle kurz erwähnt, dass Uran und Radium die wesentlichen radioaktiven Isotope im Trinkwasser darstellen.

Mit der Messung der Gesamt-Alpha-Aktivität hat man folglich alle wichtigsten im Wasser vorkommenden Radionuklide erfasst. Sämtliche Messungen erfolgten in unserem akkreditierten Labor und wurden mit Flüssigszintillometrie durchgeführt. Zur Probenaufbereitung wurde die Gefriertrocknungsmethode eingesetzt.

3.1 Filtereinlauf (Modellwasser)

Das für die Versuche verwendete Modellwasser basiert auf einem Grundwasser aus dem Saar-Nahe-Becken, dem zusätzlich Uran- und Radiumlösungen zugegeben wurden. Insgesamt wurden sechs Modellwässer (jeweils ca. 170 Liter) hergestellt, die sich in ihrem Chemismus quasi nicht unterscheiden. Zielsetzung war es, ein Modellwasser zu verwenden, das etwa 1,0 Becquerel pro Liter (Bq/l) an radioaktive Stoffe enthält. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Gehalte an natürlichen radioaktiven Stoffen der Modellwässer:

Tabelle 1: Eigenschaften des Modellwassers für die Abtrennungsversuche

	Gesamt-Alpha-Aktivität (Bq/l)	pH-Wert	Temperatur (°C)	Leitfähigkeit (µS/cm)
Modellwasser 1	0,82	7,69	22,8	638
Modellwasser 2	1,01	7,74	15,1	652
Modellwasser 3	1,04	7,64	18,5	629
Modellwasser 4	1,03	7,58	18,3	616
Modellwasser 5	1,02	7,63	17,2	633
Modellwasser 6	1,11	7,45	18,0	625

Messunsicherheit bei Gesamt-Alpha: ±12 %

Die Modellwässer unterscheiden sich in den aufgetragenen Parametern nur gering. Die Temperaturunterschiede sind auf die Schwankungen der Zimmertemperatur im Labor zurückzuführen. Ansonsten sind die sechs Modellwässer in ihrem Chemismus nahezu identisch.

3.2 Filterauslauf (Reinwasser)

Während der sechs Versuchsreihen mit den oben beschriebenen Modellwässern wurde jeweils nach 10 Litern Wasserdurchsatz eine Probe am Filterauslauf entnommen. Demnach wurden während des Versuchszeitraumes etwa 100 Wasserproben entnommen. Anschließend erfolgte die Messung der Gesamt-Alpha-Aktivität im ESWE-Labor. Erfreulicherweise befanden sich alle gemessenen Reinwässer im Bereich der Nachweisgrenze des Messverfahrens. In nachfolgender Tabelle sind daher nur die maximalen Gesamt-Alpha-Aktivitäten für jede Messreihe angegeben.

Tabelle 2: Die Ergebnisse der sechs durchgeführten Versuchsreihen

	<u>Modellwasser</u> Gesamt-Alpha (in Bq/l)	<u>Reinwasser / Auslauf</u> Gesamt-Alpha (in Bq/l)	<u>Abtrennungs-</u> <u>rate</u> in %	<u>Durchgeflossene</u> Wassermenge (insgesamt)
1. Versuchsreihe	0,82	0,007	99,1	170 Liter
2. Versuchsreihe	1,01	0,012	98,8	340 Liter
3. Versuchsreihe	1,04	0,008	99,2	510 Liter
4. Versuchsreihe	1,03	0,010	99,0	680 Liter
5. Versuchsreihe	1,02	0,012	99,8	850 Liter
6. Versuchsreihe	1,11	0,012	98,9	1020 Liter

Messunsicherheit bei Gesamt-Alpha: ±12 %

Es ist offenkundig, dass sämtliche Wasserproben aus dem Filterauslauf nur geringste Gehalte an radioaktiven Stoffen aufweisen. Die Abtrennungsrate liegt bei mindestens 98 % für den Parameter Gesamt-Alpha-Aktivität. **Somit werden die im Modellwasser vorkommenden Gehalte an Uran und Radium fast vollständig entfernt.**

4 Schlussfolgerungen

Die in Kapitel 3 dargelegten Ergebnisse unserer Untersuchungen belegen die Wirkungsweise des untersuchten Filtersystems hinsichtlich radioaktiver Stoffe sehr eindrucksvoll. Der Trinkwasserfilter vom Typ PROaqua 4200 hält die Radioaktivität unseres Modellwassers quasi vollständig zurück. Während der einfachen Laborversuche wurde offensichtlich, dass radioaktive Substanzen durch das Multi-Barriere-System des Filters PROaqua 4200 entfernt werden.

Wiesbaden, den 17. Februar 2005

ESWE-Institut für Wasserforschung und Wassertechnologie GmbH

i.V. Dr. Sascha Wisser