

Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene (Direktor: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. A. Podbielski), Universitätsklinik Rostock<sup>1</sup>,  
Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde (Direktor: Prof. Dr. med. Rudolf F. Guthoff), Universitätsklinik Rostock<sup>2</sup>

## Bakterielle Lasten in stationären Augenduschen – vor und nach regelmäßigem Spülen

S. Crusius<sup>1</sup>, R. Guthoff<sup>2</sup>, A. Podbielski<sup>1</sup>

(eingegangen am 01.07.2008, angenommen am 29.08.2008)

### Abstract/Zusammenfassung

#### Bacterial counts in eye wash stations before and after repeated rinsing

Water samples from 16 stationary eye wash stations in diagnostic laboratories were evaluated for bacterial counts and the presence of selected bacteria. While 93% of the samples from the first flush did not present drinking water quality (parameter: total bacterial count and/or the number of legionella per 100 ml sample fluid), one minute flushing lowered that number to 9.3% of the samples. At no time were the water samples abnormal in appearance or smell, nor did they contain *Pseudomonas aeruginosa*, enterobacteria or enterococci. Regular weekly flushing of 4 eye wash stations for 3 minutes on each occasion did not significantly lower bacterial or legionella counts in the first flush samples. Because of potential infections resulting from contaminated water, alternatives such

as portable eye wash stations for biology, biochemistry, and gene technology laboratories or the incorporation of filters close to the outlet of the stationary eye wash station are discussed.

**Keywords:** eye wash stations – eye irrigation – water-borne microbes – viable count

#### Bakterielle Lasten in stationären Augenduschen – vor und nach regelmäßigem Spülen

In diagnostischen Labors wurden Wasserproben aus 16 fest installierten Augenduschen verschiedener Hersteller entsprechend der Vorgaben der Trinkwasserverordnung mikrobiologisch untersucht. Im Erstschwamm wiesen 93% der Proben Gesamtkeimzahlen und/oder Legionellenmengen in zu beanstandender

Größenordnung auf. Nach 1-minütigem Spülen traf das nur noch auf 9,3% der Proben zu. Unabhängig von diesen Beanstandungen war keine der Proben optisch oder geruchlich auffällig bzw. enthielt *Pseudomonas aeruginosa*, Enterobakterien oder Enterokokken. Regelmäßiges wöchentliches Spülen von 4 Duschen über jeweils 3 Minuten konnte die Keimlast im Erstschwamm nicht sicher unter die Beanstandungsgrenze senken. Aufgrund der potentiellen infektiologischen Problematik werden Alternativen wie die Ausstattung von ausgewählten Laboren mit mobilen Augenduschen oder die Ausrüstung der fest installierten Augenduschen mit Perlator-nahen Filtern diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Augenduschen – Augenspülung – Wasserkeime – Keimzahl

Arbeitsmed.Sozialmed.Umweltmed. 43 (2008) 509–515

### ► Hintergrund und Fragestellung

Nach Verätzungen und Temperaturschädigungen eines oder beider Augen entscheidet das schnellst mögliche, ausgiebige Spülen mit einer geeigneten Flüssigkeit über später bleibende Visusverluste und andere Folgeschäden (Schrage et al. 2000, 2004). Die genannten Arten von Augenschädigungen können berufsbedingt z. B. in jeglichen Laboratorien geschehen, weil dort regelmäßig mit Säuren und Basen sowie mit brennbaren bzw. tiefgekühlten Flüssigkeiten hantiert wird. In Kenntnis dieser Zusammenhänge wurden für deutsche Laboratorien Schutzbestimmungen festgelegt. So schreibt sowohl die Gefahrstoffverordnung unterlegende TRGS 526 (Punkt 3.5.2) als auch die GenTSV im Anhang III (Punkt II.7) das Vorhalten von Augenduschen in

Laboratorien vor. In der TRGS 526 sowie in den berufsgenossenschaftlichen Richtlinien für Laboratorien GUV-R 120 wird darüber hinaus die Verwendung fest installierter Augenduschen vorgegeben. Diese Spezifizierung erfolgte aus der Erkenntnis, dass die zuvor in Labors gebräuchlichen wieder befüllbaren Spritzflaschen häufig nicht ausreichend gepflegt wurden und im Notfall leer oder sichtbar verkeimt bzw. algenbelastet waren. Zudem reichte das Volumen dieser Flaschen in der Regel zu keiner ausreichend langen Spülung.

Die Mindestleistung der fest an das Trinkwasserleitungsnetz angeschlossenen Augenduschen wird in der kürzlich novelierten DIN EN 15154-2:2006 (Augenduschen mit Wasseranschluss) detailliert ausgeführt. So muss der Durchfluss mittels eines integrierten Druckreglers auf mindes-

tens 6 l/min über 15 min gehalten werden, und der Druck zu einem senkrechten Wasserstrahl von 10–30 cm führen. Die Installationshöhe wird mit 100 ± 20 cm vorgegeben. Das Auslöseventil muss leicht und durch Umlegen eines Hebels um 90° zu bedienen sein. Ferner darf das Ventil nicht selbsttätig wieder schließen. Die installierte Augendusche muss mit einem Rettungszeichen nach ISO 3864-1 gekennzeichnet sein. Schließlich hat der Hersteller in Analogie zum Medizinproduktegesetz Angaben zur Installation, Handhabung, Prüfung und Wartung zu liefern. Im informativ gemeinten Anhang A wird zudem die Verwendung von lauwarmem Wasser (15–37 °C) und von Sieben/Filtern zur Abscheidung wassergetragener Verunreinigungen sowie die Montage in Verbindung mit der Körperdusche bzw. über einem Ausgussbecken empfohlen.

Im Bereich der Notfallmedizin und für berufliche Tätigkeiten fernab von einem Zugang zum Trinkwassernetz ist weiterhin die Nutzung mobiler Behältnisse zur notfallmäßigen Spülung von verätzten Augen vorgesehen. Die Mindestqualitäten solcher Behältnisse werden in der gegenwärtig noch im Abstimmungsprozess befindlichen DIN prEN 15154-4 (Augenduschen ohne Wasseranschluss) beschrieben. So darf das Behältnis mit Spülflüssigkeit für tragbare Augenduschen nicht mehr als 2 kg wiegen und muss ein Nutzvolumen von mindestens 400 ml enthalten. Das Behältnis muss so konstruiert sein, dass es bei Anwendung für den Nutzer nicht gefährlich und innerhalb von 5 sec aktivierbar ist. Die Spülflüssigkeit kann aus Wasser oder Lösungen bestehen. Schließlich ist eine klare Kennzeichnung, Beschriftung des Behältnisses u. a. bezüglich Inhalt und Haltbarkeit sowie die Lieferung von Informationen zur Installation und Wartung einzuhalten. Prinzipiell können auch transportable Augenduschen angeboten werden, die mehrfach verwendbar bzw. wieder befüllbar sind.

Einmal verwendbare Augenduschen ohne festen Wasseranschluss können ohne jegliche Kontamination durch Mikroorganismen hergestellt und gelagert werden. Dagegen sind fest an das Trinkwassernetz installierte Augenduschen grundsätzlich mit den Keimen belastet, die Trinkwasser auch nach der aktuellen Trinkwasserverordnung enthalten darf. Zudem stagniert das Wasser zwischen dem Anschluss ans Netz und dem Duschauslass im Rohr oder Schlauch des jeweiligen Systems. Damit kommt es zwangsläufig zur Biofilmbildung in den Leitungen der Augendusche. Bei Anspülen der Leitung in der Notfallsituation wird daher insbesondere das Wasser des Erstschwalls mit besonders hohen Keimzahlen aus dem Biofilm belastet sein.

Um zu prüfen, wie viel Keime Wasser aus Augenduschen enthält und ob sich darunter auch potenziell pathogene Mikroorganismen befinden können, wurden vergleichsweise wenige Studien national und international durchgeführt (Bowman et al. 1996; Kaulfers 1999; Paszko-Kolva et al. 1991; Tyndall et al. 1987). Jede dieser Studien wies Auffälligkeiten bezüglich der Keimzahlen und/oder anderer Parameter nach. Allerdings war die Vergleichbarkeit eingeschränkt, da in keiner der Studien die untersuchten Typen bzw. Hersteller der untersuchten Augenduschen konkret benannt und Keimzahlen jeweils mit unterschiedlichen Methoden ermittelt wurden. Zudem wurde in den älteren Arbeiten ausschließlich auf den qualitativen Nachweis von frei-

lebenden Amöben in den Wasserproben fokussiert (Tyndall et al. 1987) bzw. keine Differenzierung zwischen Erstschwall und Wasser nach längerer Spülung vorgenommen (Kaulfers 1999; Paszko-Kolva et al. 1991).

Das prinzipielle Problem einer Belastung des Wassers aus fest installierten Augenduschen mit Keimen über die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung hinaus ist in Fachkreisen hinlänglich bekannt. Infolgedessen empfehlen Hersteller und Vertreiber, die Augenduschen regelmäßig, typischerweise monatlich, auf ihre Funktion zu prüfen und dabei zu spülen. Den möglichen Nutzen dieser Empfehlung sowie eines noch häufigeren Spülens sollte in der vorliegenden Arbeit untersucht werden. Dazu wurden die 16 Augenduschen des Instituts für Medizinische Mikrobiologie der Universitätsklinik Rostock nach vorgegebenen Plänen beprobt. Die ernüchternden Ergebnisse dieser Untersuchung werden im Weiteren vorgestellt.

#### ► Studiendesign und Untersuchungsmethoden

Die 16 im Rahmen dieser Studie untersuchten fest installierten Augenduschen verschiedener Hersteller (Fa. Franke, Fa. Breuell) weisen einen bzw. zwei Brauseköpfe auf. Die Mehrzahl der Duschen ist über einen mindestens 1 m langen Schlauch mobil auch an liegenden Personen einsetzbar. Die neuwertigen Duschen wurden im Zeitraum 2002 bis 2005 im Rahmen einer grundlegenden Sanierung der Laborräume installiert. Im Rahmen der Akkreditierung wurde für alle Duschen eine regelmäßige dreiminütige Spülung im monatlichen Abstand vorgegeben. Dabei werden die Duschen auch äußerlich gereinigt. Diese monatliche Funktionsprüfung wird unter Berücksichtigung von Auffälligkeiten protokolliert.

Die Untersuchungen zur Studie wurden 6 Monate nach Einführung des regelmäßigen Spülungsregimes durchgeführt. Die Wasserproben aus den Duschen wurden von zertifizierten Probennehmerinnen des Institutes entsprechend der Vorgaben der Normen (Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch TrinkwV 2001; DIN EN ISO 19458:2006; DIN prEN ISO 8199:007) gezogen, in sterilisierten Flaschen auf dem kürzest möglichen Weg in das im selben Institut befindliche Hygienelabor transportiert und dort entsprechend der Vorgaben der Trinkwasserverordnung inspiziert und mikrobiologisch untersucht. Das Institut ist für diese Untersuchungen entsprechend

der DIN EN ISO 17025:2005 bei der ZLG akkreditiert [Akkreditierungs – Nr. ZLG-P394.06.09-01, 394.06.09] und nimmt regelmäßig an externen Ringversuchen teil.

Konkret wurden von allen 16 Augenduschen im Abstand von einem Monat zweimal Wasserproben gewonnen. Hierzu wurden zunächst 500 ml aus dem Erststrahl und nach 1-minütigem Vorlauf wiederum 500 ml unter Wahrung steriler Kautelen in getrennte, sterilisierte Gefäße gefüllt. In allen Proben wurde die maximal erreichte Temperatur mittels steriler Thermologger-Sonde die Temperatur ermittelt. Geruch und Aussehen der Proben wurden protokolliert.

Für 4 Duschen wurde der Effekt häufigeren Spülens der Leitungen geprüft. Hierzu wurde im wöchentlichen Abstand über 4 Wochen jeweils eine Erststrahlprobe und nach 3-minütigem Spüldurchfluss eine weitere Probe von jeweils 500 ml gewonnen.

Nach Eingang im Labor wurden entsprechend den Vorgaben der Trinkwasserverordnung und der Normen unverzüglich Aliquots von jeweils 100 ml mittels Membranfiltration für die Bestimmung von *E. coli* und coliformen Bakterien, Enterokokken sowie *Pseudomonas aeruginosa* und Legionellen genutzt. Für die Bestimmung der Legionellen erfolgte parallel ein Direktansatz von jeweils 2-mal 0,5 ml. Während der insgesamt 2-tägigen Bebrütung bei 36 °C bzw. der 10-tägigen Bebrütung der Legionellen, wurden die Nährmedien an den Tagen 1, und 2 bzw. 4,7, und 10 inspiziert, gewachsene Kolonien gezählt und differenziert. Die Bestimmung der Gesamtkeimzahl mittels Kochschem Plattengussverfahren erfolgte bei 22 und 36 °C entsprechend TwVo a.F.

#### ► Ergebnisse

Alle Duschköpfe wiesen während des Untersuchungszeitraums keine sichtbaren Verkalkungen auf. Jegliche Wasserproben waren unabhängig von ihrem Status als Erstschwall- oder Spülprobe weder makroskopisch sichtbar verändert oder wiesen sichtbare Beimengungen auf noch waren sie olfaktorisch auffällig. Die Temperatur des Wassers beim Auslauf betrug bei allen Proben zwischen 8,3–24,1 °C mit einem Mittelwert von 16,7 °C. Die vergleichsweise hohen Temperaturwerte korrelieren mit einer Entnahmeserie bei hochsommerlichem Wetter. Der in der Norm für fest installierte Augenduschen empfohlene „lauwarme“ Temperaturbereich von 15–37 °C somit vereinzelt auch unterschritten (DIN EN 15154-2:2006).

Grundsätzlich wurde in keiner der untersuchten Proben aller Messdurchgänge *Escherichia coli* bzw. coliforme Bakterien, Enterokokken oder *Pseudomonas aeruginosa* in jeweils 100 ml Wasser nachgewiesen.

Die Minimal- und Maximalwerte sowie die Medianwerte der Gesamtkeimzahlmessungen bei 22 °C und 36 °C sowie die entsprechende Werte der in parallele erhobenen Legionellenmengen sind in Tabelle 1 aufgelistet. In allen Fällen lagen die Median- und Maximalwerte der Erstschtallproben um ca. eine Zehnerpotenz höher als in den Proben nach 1-minütigem Spülen. Die Werte der Keimzahlmessung bei 22 °C lagen ebenfalls um ca. eine Zehnerpotenz höher als die der parallelen Messung bei 36 °C.

Die Beurteilungen zu den Ergebnissen der Keimzahlmessungen beider Messdurchgänge für alle 16 Augenduschen sind summarisch in Tabelle 2 dargestellt. Zu beanstanden nach den Kriterien der

Trinkwasserverordnung waren 30 von 32 Erstschtallproben (93%). Gründe der Beanstandung waren bei den Erstschtallproben 10-mal (32% von 32 Duschen) die Gesamtkeimzahl, 6-mal (19%) die Zahl an Legionellen sowie 14-mal (44%) die Kombination aus Gesamtkeimzahl und Zahl der Legionellen in jeweils 100 ml Wasser.

Nach 1-minütigem Vorlauf reduzierte sich die Zahl der zu beanstandenden Proben auf 3 der untersuchten 32 (9%). Dabei war bei zwei Proben die Gesamtkeimzahl, bei einer die Legionellenmenge pro 100 ml zu hoch.

Beim Vergleich der Augenduschen der verschiedenen Hersteller erwies sich kein Produkt den anderen bezüglich der summarischen Beanstandungsrate überlegen. Auch bei selektiver Betrachtung der Einzelparameter Gesamtkeimzahl und Legionellenlast waren keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Augenduschen erkennbar.

Bei häufigerem, d. h. wöchentlichem Spülen waren die Erstschtallproben in der Regel genauso auffällig wie bei monatlichem Spülen (Tabelle 3, Teil A). Bis auf einen Untersuchungszeitpunkt bei einer Dusche lagen die Legionellenmengen durchgängig über dem Warnwert von 1000 koloniebildenden Einheiten (KBE)/100 ml (Empfehlung des Umweltbundesamtes 2005) und erreichten Spitzenwerte von bis zu 183 000 KBE/100 ml. Lediglich die Gesamtkeimzahl im Erstschtall schwankte bei zwei Duschen zwischen über- und untergrenzwertig (Tabelle 3, Teil B). Allerdings war kein temporaler Zusammenhang zu Frequenz der wiederholten Spülung erkennbar. Nach dem Vorlauf blieb das Wasser aus zwei der Duschen durchgängig ohne Beanstandung. Bei zwei weiteren waren die anfänglich noch übergrenzwertig vorhandenen Legionellen in der 3. Untersuchungswoche auf Werte unterhalb des Grenzwertes reduziert.

Tabelle 1. Ergebnisse der Trinkwasserverordnung - basierten mikrobiologischen Beurteilung des Wassers aus insgesamt 16 Augenduschen im Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene, Universitätsklinik Rostock. Jeder Parameter wurde aus Wasser des Erststrahls und Wasser nach 1-minütigem Spülen bestimmt. Die Untersuchung erfolgte nach Vorgaben der Trinkwasserverordnung (2001). KBE = koloniebildende Einheiten. Die Gesamtkeimzahlbestimmung erfolgt nach Bebrütung der Proben bei 22 °C bzw. 36 °C

Table 1: Results of microbiological quality control of water from a total of 16 eye wash stations in the Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene, Universitätsklinik Rostock (on the basis of the safe drinking water act). Each parameter was determined in water from the first flush and water obtained after rinsing for 1 minute. The study was carried out as stipulated by the Trinkwasserverordnung (2001) (German safe drinking water act). KBE = colony-forming units. The determination of total counts was carried out after incubation of the samples at 22 °C or 36 °C

	Gesamtkeimzahl (22 °C KBE/ml)		Gesamtkeimzahl (36 °C KBE/ml)		Legionellen (KBE/100 ml)	
	Erstschtall	1-minütige Spülung	Erstschtall	1-minütige Spülung	Erstschtall	1-minütige Spülung
Minimalwert	0	0	0	0	0	0
Median	2,64 x 10 <sup>2</sup>	9,00 x 10 <sup>1</sup>	1,80 x 10 <sup>1</sup>	3,0 x 10 <sup>0</sup>	111	12
Maximalwert	1,24 x 10 <sup>3</sup>	1,68 x 10 <sup>2</sup>	7,64 x 10 <sup>2</sup>	3,4 x 10 <sup>1</sup>	18300	100

Tabelle 2. Ergebnisse der Trinkwasserverordnung-basierten mikrobiologischen Beurteilung des Wassers aus insgesamt 16 Augenduschen im Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene, Universitätsklinik Rostock. Jeder Parameter wurde Wasser des Erststrahls und Wasser nach 1-minütigem Spülen bestimmt. Die Untersuchung und Beurteilung der Ergebnisse erfolgte nach Vorgaben der Trinkwasserverordnung (2001). GKZ = Gesamtkeimzahl bei 22 °C bzw. 36 °C

Table 2: Results of microbiological quality control of water from a total of 16 eye wash stations in the Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene, Universitätsklinik Rostock (on the basis of the safe drinking water act). Each parameter was determined in water from the first flush and water obtained after rinsing for 1 minute. The assays and assessment of the results were carried out as stipulated by the Trinkwasserverordnung (2001) (German safe drinking water act). GKZ = total bacterial counts at 22 °C or 36 °C

Untersuchungsparameter	Beurteilungen/Zahl der Beanstandungen von Erststrahlproben	Beurteilungen/Zahl der Beanstandungen von Proben nach 1-minütigem Vorlauf
<i>E. coli</i> /coliforme Bakterien	nicht nachgewiesen	nicht nachgewiesen
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	nicht nachgewiesen	nicht nachgewiesen
Enterokokken	nicht nachgewiesen	nicht nachgewiesen
GKZ 22 °C/36 °C	10	2
Legionellen	6	1
GKZ 22 °C/36 °C + Legionellen	14	0

Tabelle 3. Ergebnisse der Trinkwasserverordnung-basierten mikrobiologischen Untersuchung des Wassers aus 4 Augenduschen im Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene, Universitätsklinik Rostock, im Rahmen von wöchentlichen Funktionsprüfungen/Spülungen. Jeder Parameter wurde aus Wasser des Erststrahls und Wasser nach 3-minütigem Spülen bestimmt. Die Ermittlung (Teil A) und Beurteilung (Teil B) der Ergebnisse erfolgte nach Vorgaben der Trinkwasserverordnung (2001). Die Messwerte im Teil A sind jeweils in der Reihenfolge Minimalwert/Median/Maximalwert aufgelistet. GKZ = Gesamtkeimzahl bei 22 °C/36 °C; KBE = koloniebildende Einheiten; o. B. = Probe blieb ohne Beanstandung. In keiner der Proben wurden E. coli bzw. coliforme Bakterien, Enterokokken oder Pseudomonas aeruginosa nachgewiesen

Table 3: Results of microbiological quality control of water from 4 eye wash stations in the Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene, Universitätsklinik Rostock (on the basis of the safe drinking water act) during weekly functional tests/rinsings. Each parameter was determined in water from the first flush and water obtained after rinsing for 3 minutes. The assays (Part A) and assessment (Part B) were carried out as stipulated by the Trinkwasserverordnung (2001) (German safe drinking water act). The counts determined in Part A are listed in the order minimum/median/maximum value. GKZ = total bacterial counts at 22 °C or 36 °C. KBE = colony-forming units. o. B. = sample gave no cause for complaint. In none of the samples were E. coli or coliform bacteria, enterococci or Pseudomonas aeruginosa detected

Teil A				
Augendusche Nr./Typ	Erstschwall/ nach Vorlauf	GKZ 22°C KBE/ml	GKZ 36°C KBE/ml	Legionellen KBE/100 ml
1/a	Erstschwall	1,00 x 10 <sup>0</sup> 1,18 x 10 <sup>2</sup> 2,65 x 10 <sup>2</sup>	2,10 x 10 <sup>1</sup> 5,90 x 10 <sup>1</sup> 1,72 x 10 <sup>2</sup>	113 850 183000
	nach Vorlauf	1,0 x 10 <sup>0</sup> 5,5 x 10 <sup>0</sup> 1,3 x 10 <sup>1</sup>	2,0 x 10 <sup>0</sup> 3,5 x 10 <sup>0</sup> 1,9 x 10 <sup>1</sup>	0 31 191
2/b	Erstschwall	1,30 x 10 <sup>1</sup> 30,00 x 10 <sup>1</sup> 2,12 x 10 <sup>2</sup>	18,0 x 10 <sup>1</sup> 36,0 x 10 <sup>1</sup> 1,3 x 10 <sup>3</sup>	200 400 3200
	nach Vorlauf	1 x 10 <sup>0</sup> 3 x 10 <sup>0</sup> 5 x 10 <sup>0</sup>	0 2 x 10 <sup>0</sup> 8 x 10 <sup>0</sup>	6 15 34
3/a	Erstschwall	1,13 x 10 <sup>2</sup> 2,60 x 10 <sup>2</sup> 8,00 x 10 <sup>2</sup>	20 142 500	129 155 16900
	nach Vorlauf	0 2 x 7 x 10 <sup>2</sup> 46 x 10 <sup>2</sup>	3,0 x 10 <sup>0</sup> 1,3 x 10 <sup>1</sup> 2,3 x 10 <sup>1</sup>	4 68 164
4/c	Erstschwall	3,40 x 10 <sup>1</sup> 1,68 x 10 <sup>2</sup> 2,57 x 10 <sup>2</sup>	4,60 x 10 <sup>1</sup> 9,40 x 10 <sup>1</sup> 2,35 x 10 <sup>2</sup>	98 300 900
	nach Vorlauf	1 x 10 <sup>0</sup> 3 x 10 <sup>0</sup> 8 x 10 <sup>0</sup>	1,0 x 10 <sup>0</sup> 5,0 x 10 <sup>0</sup> 1,2 x 10 <sup>1</sup>	7 12 22

Teil B					
Augendusche Nr./Typ	Erstschwall/ nach Vorlauf	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche
1/a	Erstschwall	Legionellen, GKZ	Legionellen, GKZ	Legionellen, GKZ	Legionellen, GKZ
	nach Vorlauf	Legionellen	o.B.	o.B.	o.B.
2/b	Erstschwall	Legionellen	Legionellen, GKZ	Legionellen	Legionellen
	nach Vorlauf	o.B.	o.B.	o.B.	o.B.
3/a	Erstschwall	Legionellen, GKZ	Legionellen, GKZ	Legionellen, GKZ	Legionellen, GKZ
	nach Vorlauf	Legionellen	Legionellen	o.B.	o.B.
4/c	Erstschwall	Legionellen	Legionellen, GKZ	Legionellen	GKZ
	nach Vorlauf	o.B.	o.B.	o.B.	o.B.

a – mobile wandmontierte Augendusche, 1 Perlator: Typ a = Fa. Franke

b – mobile wandmontierte Augendusche, 1 Perlator: Typ b = Fa. Breuell

c – fest installierte Augendusche, Tischmodell, 2 Perlatoren: Typ c = Fa. Breuell

## ► Diskussion

Eine mikrobielle Belastung des Wassers in fest an das Trinkwassernetz angeschlossenen Augenduschen ist aufgrund der Biofilmbildung in den Leitungen distal des Ventils dieser Duschen überaus plausibel. So konnte dies in einigen Veröffentlichungen seit 1987 dokumentiert werden (Bowman et al. 1996; Kaulfers 1999; Paszko-Kolva et al. 1991; Tyndall et al. 1987). Die Mehrzahl dieser Studien hob allerdings auf die Anwesenheit freilebender Amöben in den Wasserproben ab. Soweit die Proben auch auf die Anwesenheit von Bakterien untersucht wurden (Bowman et al. 1996; Kaulfers 1999; Paszko-Kolva et al. 1991), fanden sich diese in Keimzahlen zwischen 100 bis  $>10^5$  koloniebildende Einheiten pro ml. Im Fall einer Bakterien-differenzierung konnte in den amerikanischen Studien am häufigsten *Pseudomonas aeruginosa* nachgewiesen werden. In der deutschen Studie (Kaulfers) waren wurden nur andere typische Wasserkeime, d. h. überwiegend Gram-negative nonfermentative Stäbchen, nicht aber *P. aeruginosa* detektiert.

Die Vergleichbarkeit der 5 zuvor veröffentlichten Studien untereinander ist nur sehr bedingt möglich, da alle einen Studien eigenen Aufbau, sehr spezifische Testparameter und eigene Testmethoden hatten. Auch zur aktuellen Studie mit ihrer Orientierung an die gültige deutsche Trinkwasserverordnung besteht nur eine begrenzte Vergleichbarkeit, da das Gesetz spezifisch für Deutschland ist und erst seit 2001 in der für diese Studie relevanten Form existiert.

Trotz der Einschränkungen fällt zunächst auf, dass die Erstschwabproben aus den Augenduschen unseres Institutes am ehesten den Hamburger Proben (Kaulfers 1999) in ihrer Zusammensetzung ähneln. Das Wasser enthält Keime in bedenklichen Mengen, allerdings keine für Augen potenziell pathogenen Bakterien wie *E. coli* und *P. aeruginosa*. Die durchschnittlich höheren Keimzahlen aus den Proben nach Bebrütung bei 22 °C im Vergleich zur Inkubation bei 36 °C lassen dabei auf die typischen, wenig pathogenen Gram-negativen Stäbchenbakterien als Hauptmasse der im Erstschwab enthaltenen Keime schließen. Diese möglicherweise problematische Situation ergibt sich offenbar unabhängig vom geprüften Typ der Augendusche.

In keiner der vorangegangenen Studien wurde die Anwesenheit von Legionellen geprüft. Allerdings wurden immer frei lebende Amöben, die typischen Wirtszellen von Legionellen, gefunden, wenn nach die-

sen gefahndet wurde. Kaum überraschend sind auch in den Erstschwab-Wasserproben der aktuellen Studie Legionellen in teilweise sehr großen Keimzahlen nachweisbar. Legionellen haben als Erreger von Keratitiden kaum eine Bedeutung, sehr wohl aber als Verursacher von Sinusitiden und tiefen Atemwegsinfektionen (Green et al. 2008; Maurer et al. 2007; Thomas u. Geraldine 2007; Diederer 2008). An diese Stellen können sie nach massivem Einbringen in die Augen über die Tränenkanäle gelangen.

Von anderen wasserführenden Medizinprodukten, z. B. die Behandlungseinheiten in der Zahnheilkunde und Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, ist bekannt, dass kurzfristiges Anspülen der Leitungen vor eigentlicher Verwendung die Mikrobenlast senken kann (Christiansen u. Vermehren-Schmelz 2008). Entsprechend konnte auch Kaulfers (1999) eine durchschnittliche Senkung der Keimzahl um zwei Zehnerpotenzen in den von ihm untersuchten Augenduschen belegen. In der aktuellen Studie wurden die Augenduschen nach Abnahme der Erstschwabprobe eine bzw. auch drei Minuten gespült und dann erneut beprobt. Auch wir konnten durch diese Maßnahme eine deutliche Reduktion der Keimlast belegen. Während im Erstschwab 93 % der Proben keine Trinkwasserqualität aufwiesen, galt das nach der Spülung nur noch für 9 %. Auch der Nachweis von Legionellen als möglicherweise infektiologisch kritischem Parameter unserer Untersuchung war im gleichen Maß vermindert.

Das ausgiebige Spülen einer Augendusche vor dem Notfall-Einsatz am verletzten Auge ist im Gegensatz zu dentalen und HNO-Einheiten keine sonderlich realistische Option. Insofern warf auch schon Kaulfers (1999) die Frage auf, inwieweit häufigeres Spülen der Leitungen über den monatlichen Turnus der Funktionskontrolle hinaus einen dauerhaft keimlastreduzierenden Effekt haben könnte. Mit der aktuellen Studie konnten wir nun zeigen, dass wiederum unabhängig vom Typ der Augendusche Spülen auch im wöchentlichen Turnus bezüglich der Bakterienmengen im Erstschwab zu keinen befriedigenden Ergebnissen führt. Dies gilt gleichermaßen für die Gesamtkeimzahl und die Legionellenmengen. Die Studie von Bowman et al. (1996) kam zu ähnlichen Ergebnissen. Hier wurde im 4-, 2- und 1-wöchigen Turnus über 1 bis 10 min gespült und ebenfalls weder für die Gesamtkeimzahl noch für Amöbenmengen eine signifikante Reduktion erreicht.

Diese Ergebnisse sind ophthalmologisch-infektiologisch zu bewerten. Nach den gängigen ophthalmologischen und not-

fallmedizinischen Lehrmeinungen (Kuckelkorn et al. 2000; Schrage et al. 2000, 2004) werden die Zellen der Corneae am stärksten direkt durch die Chemikalie oder das Temperaturtrauma bedroht. Zudem werden die Augen eines Verunfallten am Schluss der notfallmäßigen Spülung mit Antibiotikahaltigen Augentropfen behandelt. Die Gefahr einer durch Helfer oder Ärzte induzierten Infektion steht in den Handlungsschemata vollkommen im Hintergrund. So gibt es denn in der NCBI-Datenbank [www.ncbi.nlm.nih.gov; Suchbegriffe (eye) infection/irrigation bzw. rinsing/chemical (eye) injur\* bzw. burned eye] auch keine Berichte über Spülwasser-assoziierte Augeninfektionen im Anschluss an Notfallbehandlungen. Diese Tatsache kann allerdings auch der schwierigen Beweisführung eines kausalen Zusammenhangs oder, wie im Fall der Legionellen-Infektionen, der Zuständigkeit anderer Fachdisziplinen geschuldet sein. Eine Konsequenz aus den Ergebnissen dieser Studie und den in der Diskussion angestellten Überlegungen könnte daher eine wissenschaftliche Aufarbeitung der Epidemiologie und Ätiologie Laborunfall-assoziiierter Augeninfektionen sein.

Dabei stellt sich die Frage, ob nicht der Einsatz mobiler Augenduschen die bessere Lösung für den Notfall darstellt. Das Wasser in einmal verwendbaren Systemen kann steril abgefüllt und über einen definierten Zeitraum verwahrt werden. Auch die von Kaulfers (1999) aber nicht in unserer Studie gefundenen Partikelkontaminationen sind in industriell abgefüllten Einmalsystemen grundsätzlich vermeidbar. Ferner bestände hier auch die Möglichkeit, die für den maximalen therapeutischen Erfolg optimale Spülflüssigkeit zu verwenden. Dies sind keine hypotonen, ungepufferte Flüssigkeiten wie Wasser oder isotonen Flüssigkeiten wie physiologische Kochsalzlösung, sondern hypertone, amphotere Flüssigkeiten wie Diphoterin-Lösung (Schrage et al. 2004; Kuckelkorn et al. 2000; Langefeld et al. 2003; Rihawi et al. 2006; Struck 2007). Schließlich sind stationäre Augenduschen in der Anschaffung und Installation ca. 10-mal teurer als ein vollständiges Set einer mobilen Augendusche. Auch in der laufenden Unterhaltung sind die Kostenunterschiede beträchtlich. Während mobile Augenduschen mit einer Gewährleistung für bis zu 3 Jahre angeschafft werden können und erst danach wieder angefasst werden müssen, erfordern die stationären Augenduschen für die – im mikrobiologischen Ergebnis insuffizienten – Funktionskontrollen einen monatlichen Arbeitseinsatz vor Ort und bei der Dokumentation. Gerade für die Kontrollen sei

angemerkt, dass diese im Rahmen von Forschungslabors mit einem hohen Durchsatz von – häufig ausländischen – Arbeitskräften mit vollkommen unterschiedlichen Ausbildungsstand und Sicherheitsbewusstsein realistisch in vielen Fällen nicht verlässlich zu organisieren sein dürften. Hinzu kommt, dass Qualitätsmanagementsysteme, die solche Kontrollen am ehesten garantieren, bei nicht an Betriebe gebundenen Forschungslabors nicht regelhaft existieren.

Der frühere Einwand gegen die mobilen Duschen, dass diese ungepflegt und ggf. leer in den Labors standen, ist angesichts der nun zur Verfügung stehenden, an der Wand zu montierenden und nur im Notfall zu öffnenden Gebinde nicht mehr aufrecht zu erhalten.

Dagegen steht das auch weiterhin gültige Argument für stationäre Augenduschen, nämlich die unbegrenzte Verfügbarkeit von – mikrobiologisch und ophthalmologisch ggf. suboptimaler oder sogar schädlicher – Spülflüssigkeit. In Anbetracht der Tatsache, dass sowohl im Bereich der biologischen und medizinischen Forschung als auch Diagnostik praktisch nur noch mit Mikromengen an gefährlichen Flüssigkeiten und zunehmend unter Einsatz von Automaten gearbeitet wird, sinkt die Wahrscheinlichkeit eines Augennotfalls durch Verspritzen stetig. Falls es doch dazu käme, stellt sich Frage, ob dann noch die Volumina an Spülflüssigkeit erforderlich sind, die als Grundlage für die Forderung nach fest installierten Augenduschen dienen. Insofern scheint zumindest eine Differenzierung der Labors angebracht, für die fest installierte Augenduschen zwingend gefordert werden. Sofern nicht auf die fest installierten Augenduschen verzichtet werden kann, sollten zur Minderung der Biofilmbildung die Schlauchverbindungen zwischen Hahn und Duschkopf so konstruiert und aufgehängt werden, dass sie nach den regelmäßigen Funktionsprüfungen leer laufen. Ferner sollte die Möglichkeit des Einbaus endständiger bakterienreicher Filter in den fest installierten Duschen geprüft werden. Alternativ kämen die sofortige Versorgung des Verunfallten mittels in parallele vorgehaltener mobiler Duschen und ein gleichzeitig erfolgendes Vorspülen der fest installierten Duschen in Frage.

### ► Fazit für die Praxis

Fest an das Trinkwassernetz installierte Augenduschen sind offenbar unabhängig vom Typ so stark mit potenziell pathogenen Mikroorganismen besiedelt, dass der

Erstschwall aus solchen Duschen relevante Keimzahlen z. B. von Amöben, Pseudomonaden oder, wie in dieser Studie gezeigt, Legionellen, in das Auge eines Verunfallten spült. Die Keimlast lässt sich durch mindestens 1-minütiges Vorspülen meist auf trinkwasserkonforme Werte senken. Allerdings vermag auch wöchentliches Spülen der Duschen nicht die Keimlast des Erstschwalls entscheidend zu vermindern.

Zu dieser offenbar unvermeidbaren, allerdings im Ausmaß nicht bezifferbaren infektiologischen Gefahr gesellen sich risikoärmere Arbeitsabläufe in biologischen und medizinischen Labors sowie neue ophthalmologische Erkenntnisse zur optimalen Spülflüssigkeit für verätzte Augen. Daher ist zumindest für einen Teil der Labors zu überlegen, ob geschützt verwahrte und jährlich auf Verfallsdaten geprüfte mobile Augenduschen den monatlich funktionell zu prüfenden, fest installierten Augenduschen unter den Aspekten der medizinischen Wirksamkeit und deutlich höheren Wirtschaftlichkeit überlegen sind. Soweit nicht auf stationäre Augenduschen verzichtet werden kann, ist deren Ausstattung mit selbst entleerenden Schläuchen und perlatornahen bakterienreichen Filtern zu erwägen.

### ► Literatur

- Bowman EK, Vass AA, Mackowski R, Owen BA, Tyndall RL: Quantitation of free-living amoebae and bacterial populations in eye wash stations relative to flushing frequency. *Am Ind Hyg Assoc J* 1996; 57: 626–633.
- Christiansen B, Vermehren-Schmelz B: Umsetzung der RKI-Empfehlung „Infektionsprävention in der Zahnheilkunde“ an einem Universitätsklinikum: Mikrobiologische Befunde aus Dentaleinheiten. *Hyg Med* 2008; 33: 92–97.
- Diederer BM: Legionella spp. and Legionnaires' disease. *J Infect* 2008; 56: 1–12.
- DIN EN 15154-2: 2006: Sicherheitsnotduschen Teil 2: Augenduschen mit Wasseranschluss.
- DIN EN ISO 17025:2005: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.
- DIN EN ISO 19458:2006: Wasserbeschaffenheit – Probenahme für mikrobiologische Untersuchungen.
- DIN prEN 15154-4:2006: Sicherheitsnotduschen Teil 4: Augenduschen ohne Wasseranschluss.
- DIN prEN ISO 8199:2007: Wasserbeschaffenheit – Allgemeine Anleitung zur Zählung von Mikroorganismen.
- Empfehlung des Umweltbundesamtes: Periodische Untersuchung auf Legionellen in zentralen Erwärmungsanlagen der Hausinstallation nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c TrinkwV 2001, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 2005; 49: 697–700.
- Green M, Apel A, Stapleton F: Risk factors and causative organisms in microbial keratitis. *Cornea* 2008; 27: 22–27.
- ISO 3864-1:2004: Grafische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen Teil 2: Gestaltungsgrundlage für Sicherheitszeichen auf Produkten.
- Kaulfers PM: Untersuchungen zur Kontamination von Wasser aus fest installierten Augenduschen. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 1999; 42: 722–725.
- Kuckelkorn R, Schrage N, Redbrake C: Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Verätzungen und Verbrennungen der Augen. *Dt Ärztebl* 2000; 97: A-104-9.
- Langefeld S, Press UP, Frenz M, Kompa S, Schrage N: Verätzungen des Auges. *Ophthalmologie* 2003; 100: 727–731.
- Maurer PP, Zbinden R, Kaufmann C, Thiel MA: Antibiotic susceptibilities of bacteria isolated from ophthalmic specimens between 1984 and 2005 in Zurich, Switzerland. *Klin Monatsbl Augenheilk* 2007; 224: 240–243.
- Paszko-Kolva C, Yamamoto H, Shahamat M, Sawyer TK, Morris G, Colwell RR: Isolation of amoebae and Pseudomonas and Legionella spp. from eye wash stations. *Appl Environ Microbiol* 1991; 57: 163–167.
- Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz GUV-R 120, Ausgabe Okt. 1993, Aktualisierte Fassung 1998, Bundesverband der Unfallkassen, München.
- Rihawi S, Frenz M, Schrage NF: Emergency treatment of eye burns: which rinsing solution should we choose? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006; 244: 845–854.
- Schrage N, Kuckelkorn R, Redbrake C: Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Verätzungen und Verbrennungen der Augen. *Dt Ärztebl* 2000; 97: A-104-9.
- Schrage NF, Rihawi R, Frenz M, Reim M: Akuttherapie von Augenverletzungen. *Klin Monatsbl Augenheilk* 2004; 221: 253–261.
- Struck HG: Akut- und Frühversorgung von Verätzungen und Verbrennungen der Augen. *Klin Monatsbl Augenheilk* 2007; 224: S3.
- Technische Regeln für Gefahrstoffe – Laboratorien (TRGS 526) vom Dezember 2000, BArbBl Heft 6-7/2001.
- Thomas PA, Geraldine P: Infectious keratitis. *Curr Opin Infect Dis* 2007; 20: 129–141.
- Tyndall RL, Lyle MM, Ironside KS: The presence of free-living amoebae in portable and stationary eye wash stations. *Am Ind Hyg Assoc J* 1987; 48: 933–934.

- 25 Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch TrinkwV 2001 – Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001, BGBl I Nr. 24 vom 28.5. 2001 S. 959; 25.11.2003 S. 2304; 31.10.2006 S. 2407.
- 26 Verordnung über die Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischer Arbeiten in gentechnischen Anlagen, GenTSV – Gentechnik-Sicherheitsverordnung vom 14. März 1995 (BGBl I S. 297; 16.8. 2002 S. 3220; 22.3.2004 S 454; 23.12.2004 S. 3758; 31.10.2006 S. 2407; 6.3.2007 S. 261).
- 27 Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 23. Dezember 2004, BGBl I S. 3758.

**Anschrift für die Verfasser:**

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Andreas Podbielski  
Institut für Medizinische Mikrobiologie,  
Virologie und Hygiene  
Universitätsklinik Rostock  
Schillingallee 70  
18057 Rostock  
E-Mail: andreas.podbielski@med.uni-rostock.de