

Prävention wasserbürtiger nosokomialer Infektionen durch endständige Sterilfiltration

Berlin, 3.12.2013
Dr. Christoph Koch



Institute for Hygiene
and Public Health



Institut für Hygiene und
Öffentliche Gesundheit

Worüber ich sprechen möchte:

- Warum überhaupt?
 - Technische wasserführende Systeme als Biotop
 - Vorgaben (TrinkwV, IfSG, ...)
 - Wachstumsfördernde Bedingungen
 - Welche Organismen (-klassen)
- Nosokomiale Infektionen durch wasserbürtige Erreger
 - Wasserbürtige Infektionen vs. Alle nosokomialen Infektionen
 - Erregerspektrum wasserbürtiger nosokom. Infektionen
- Ein bisschen Physik
 - Porengröße Ultrafiltrationsmembran vs. Organismengröße
 - Definition der Sterilfiltration
- Beispiele
 - Ausbruchsstop, Kolonisationssenkung, Senkung Erregernachweise durch Filter, Kosteneinsparung
- Fazit

Wasser in medizinischen Einrichtungen

- Trinken, Mundbefeuchtung
- Lebensmittelzubereitung, Geschirreinigung
- Waschen, Duschen, Zahnpflege
- Kühlung durch feuchte Tücher
- Spülen chronischer Wunden
- Physiotherapie / Bewegungsbad
- Zahnmedizinische Einrichtungen
- Dialyse
- Befeuchten Beatmungsluft, Luftbefeuchtung Inkubatoren
- Aufbereiten, Spülen und Nachspülen von Instrumenten und Geräten (z.B. Endoskope, Inhalationsgeräte)
- Ansetzen Desinfektions- und Reinigungslösungen
- RLT-Anlagen, Rückkühlwerke



Mikrobiologische Schwachstellen technischer Wassersysteme

- Temperaturverschiebung in günstige Bereiche
- Zufuhr von Nährstoffen
 - aus der Luft (Rückkühlwerke, Luftbefeuchter)
 - aus Werkstoffen (Schlauchsysteme, Dichtungen, Montagehilfsmittel, Flussmittel)
 - aus Wasserbehandlungsmitteln
 - durch Kontakt mit Patienten / Personal
- große Oberflächen (Filter, Rückkühlwerke, Schläuche)
- Verweildauer (Zirkulation, Stagnation, Toträume)
- Biofilmbildung
- Vom Versorger geliefertes Trinkwasser ist nie steril!

Mikroorganismen im Wasser

- Keine Vermehrung im Wassersystem
 - Viren
 - *Giardia*, *Cryptosporidium*
 - *E. coli* / Coliforme Bakterien, Enterokokken, Clostridien, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*

=> Verantwortung des Versorgers

- Vermehrung im Wassersystem möglich
 - Pseudomonaden, Legionellen, atyp. Mykobakterien, „Wasserbakterien“
 - Schimmelpilze / Hefen (insbesondere in Brauchwassersystemen)
 - Amöben, Ciliaten, (Algen), u.a.

=> Verantwortung des Anlagenbetreibers

Biofilmbildung

Anheftung

Kolonisation

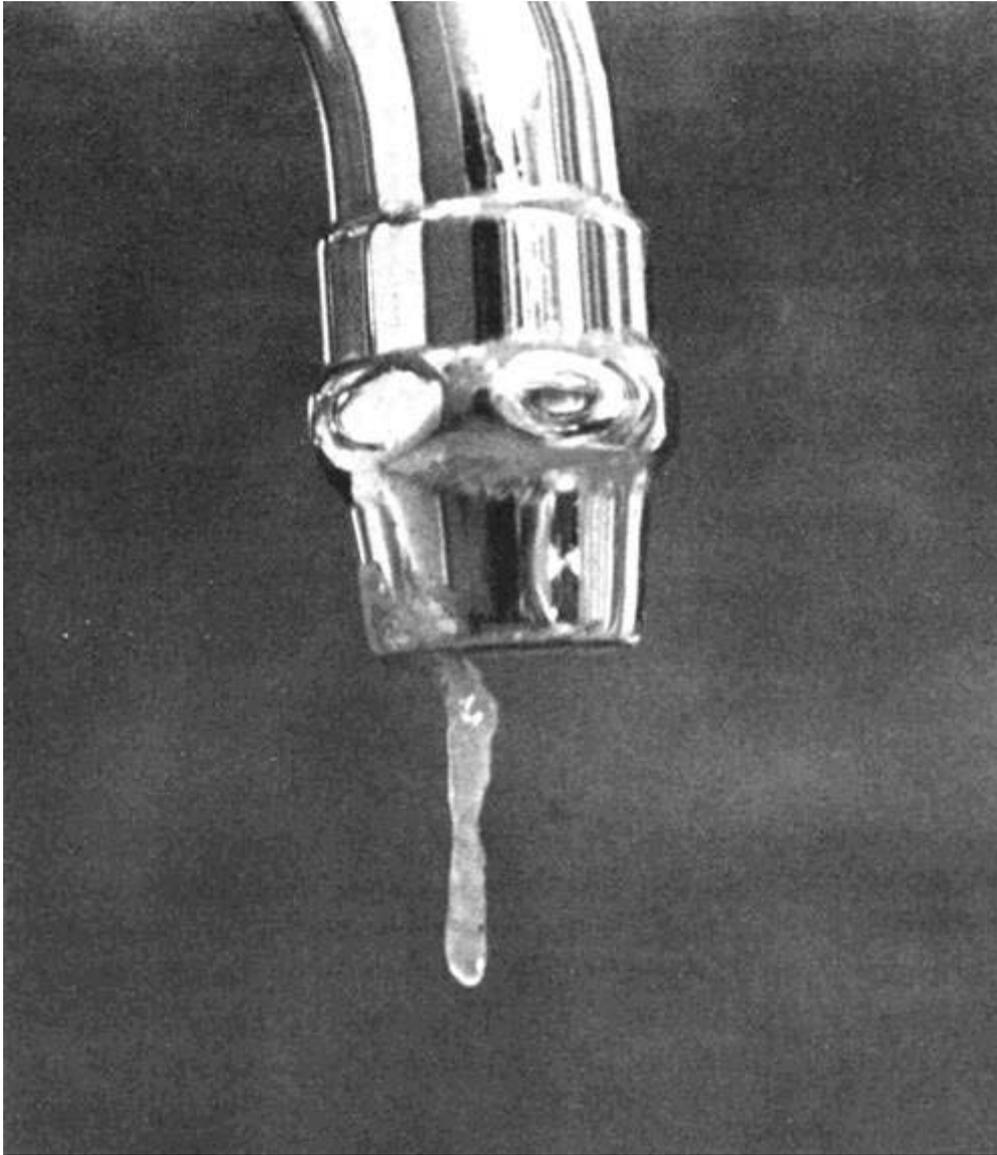
Wachstum

BULK FLUID

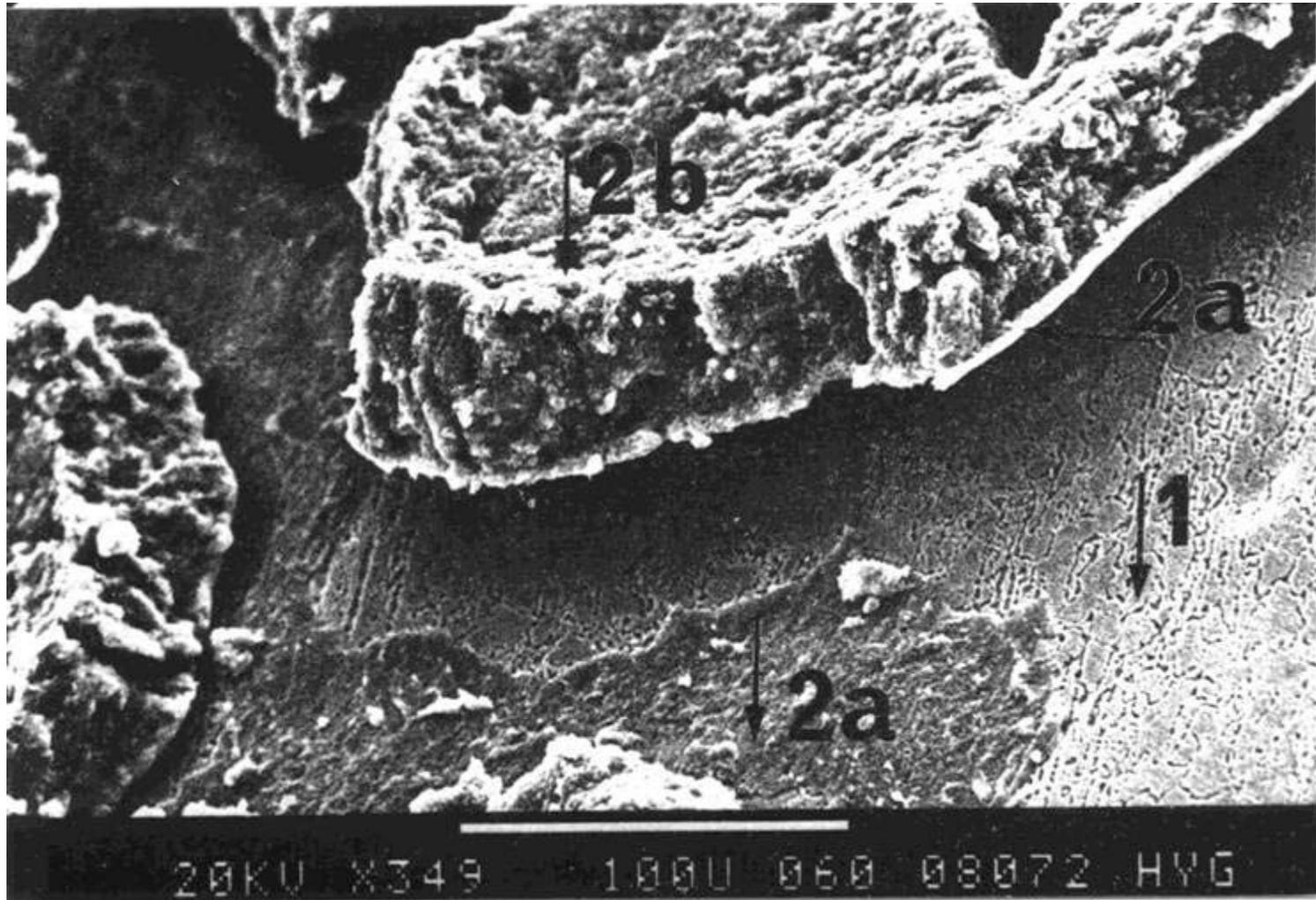
OBERFLÄCHE

© 1995 CENTER FOR BIOFILM ENGINEERING MSU-BOZEMAN

Nicht nur ein ästhetisches Problem ...



Biofilm auf Kupferrohr einer zentralen Desinfektionsmitteldosieranlage

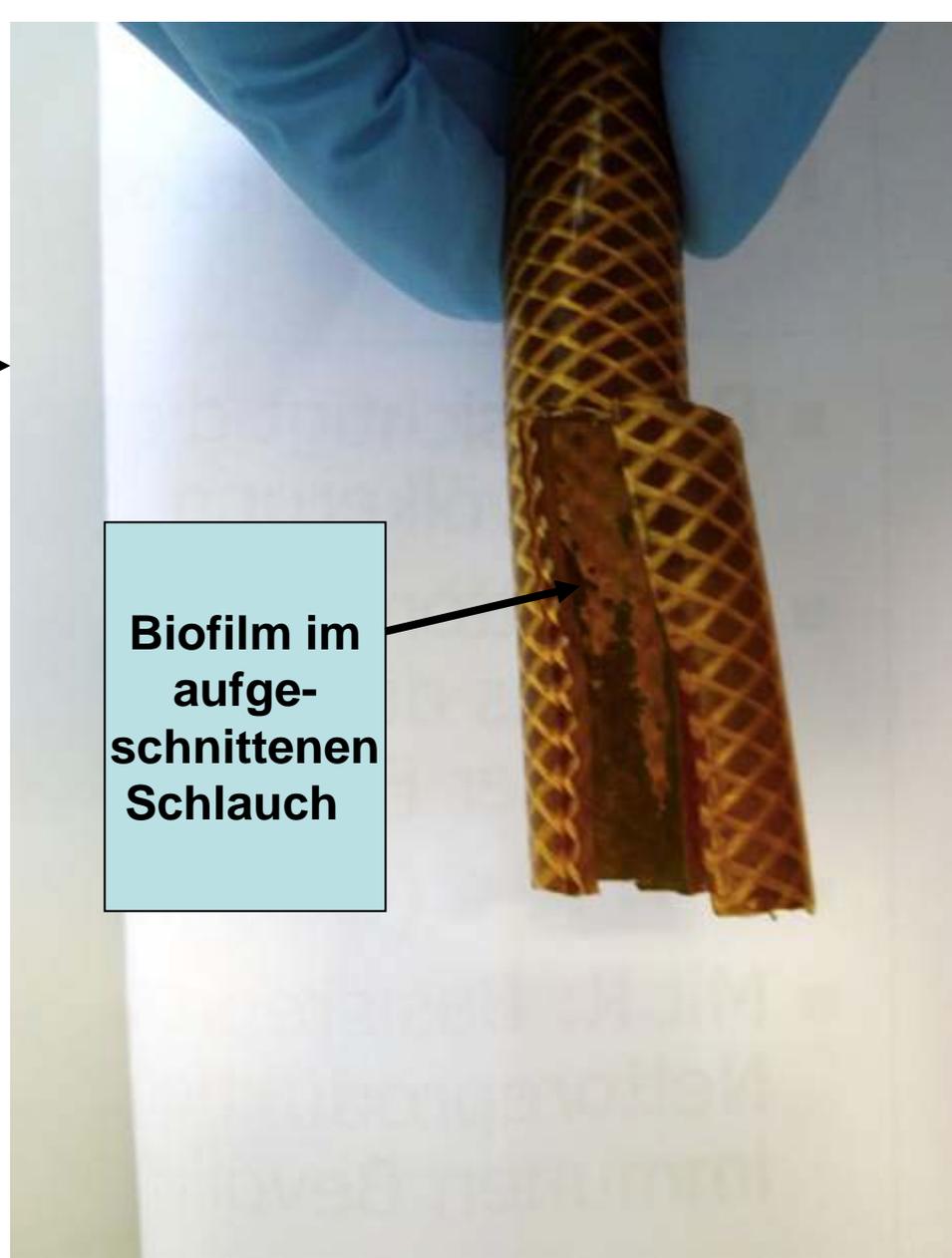
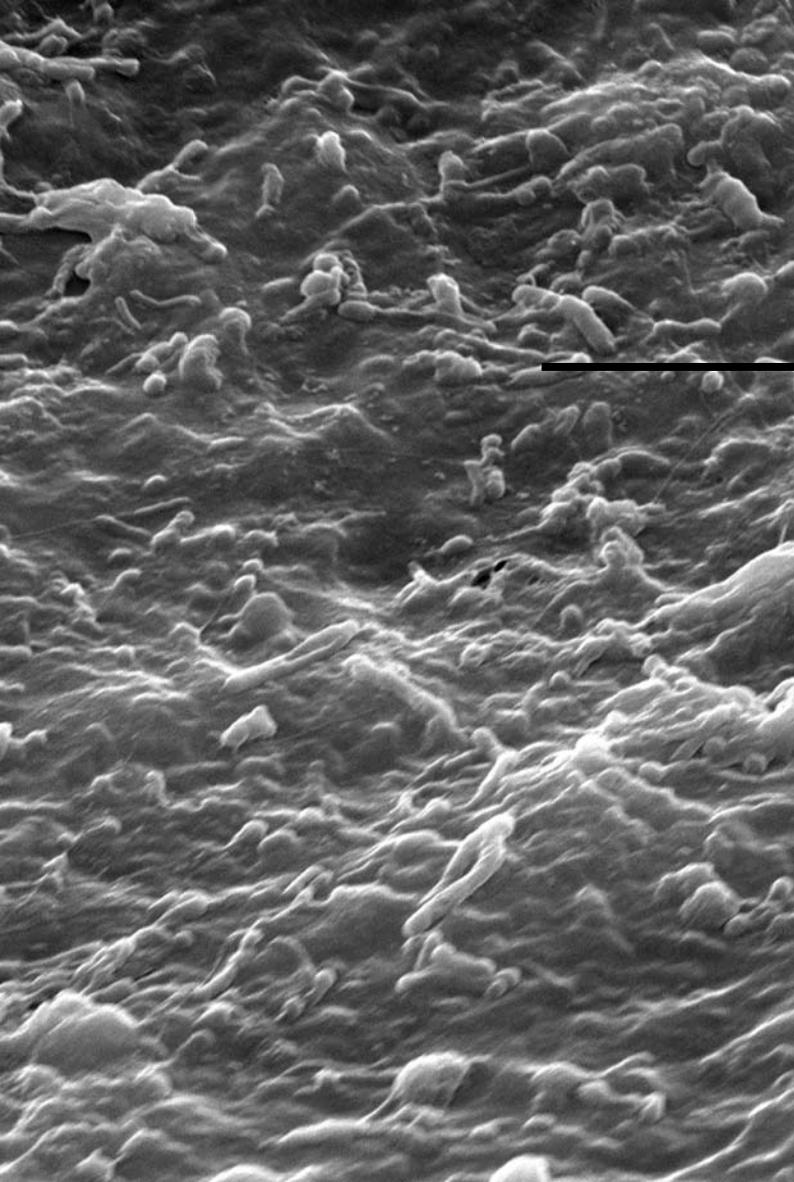




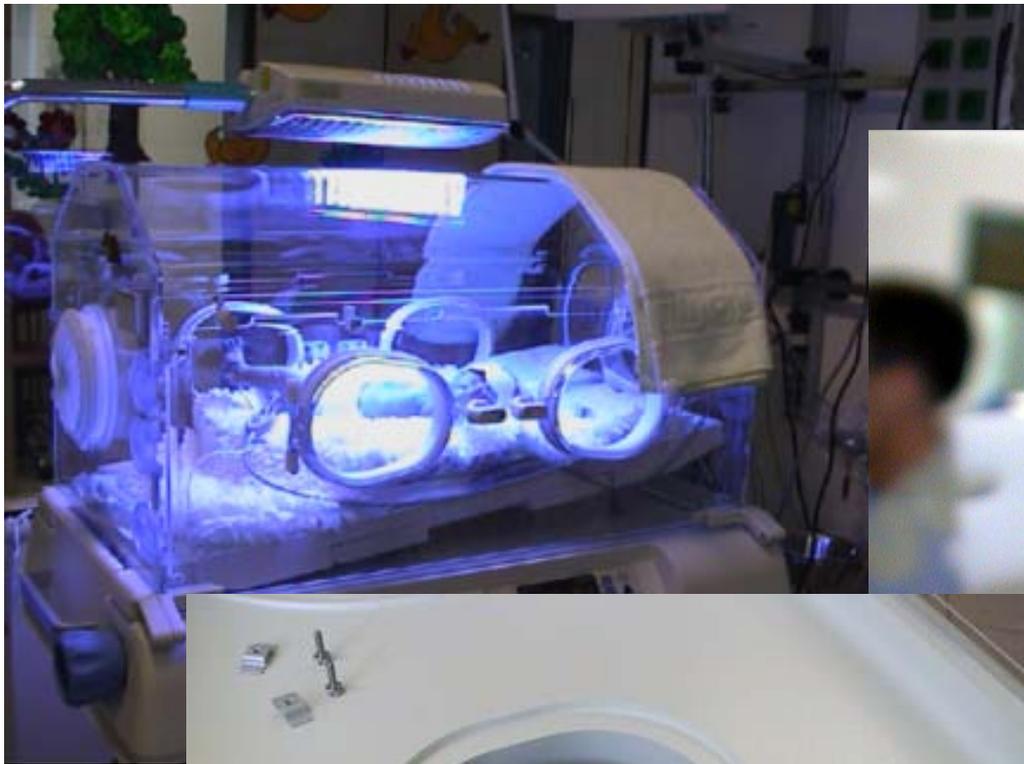
**Dezentrales
Desinfektionsmittel-
dosiergerät**

**Behältnis mit
Desinfektionsmittel-
konzentrat**

**Entnahmearmatur
Für
Desinfektionsmittel
Lösung**



**Biofilm im
aufge-
schnittenen
Schlauch**



Wasser als Infektions- quelle in medizinischen Einrichtungen, Prävention und Kontrolle

Faktoren, die eine erhöhte Vulne- rabilität von Patienten in medizi- nischen Einrichtungen bedingen

- Immunsuppression
- Wunden oder Verbrennungen
- Schluckbeschwerden oder Fehlen des Schluckreflexes
- Vorliegen von invasiven Systemen (Katheter) als Leitschiene in physiologisch keimfreie Körperbereiche
- Fremdkörper
- Antibiotikatherapie

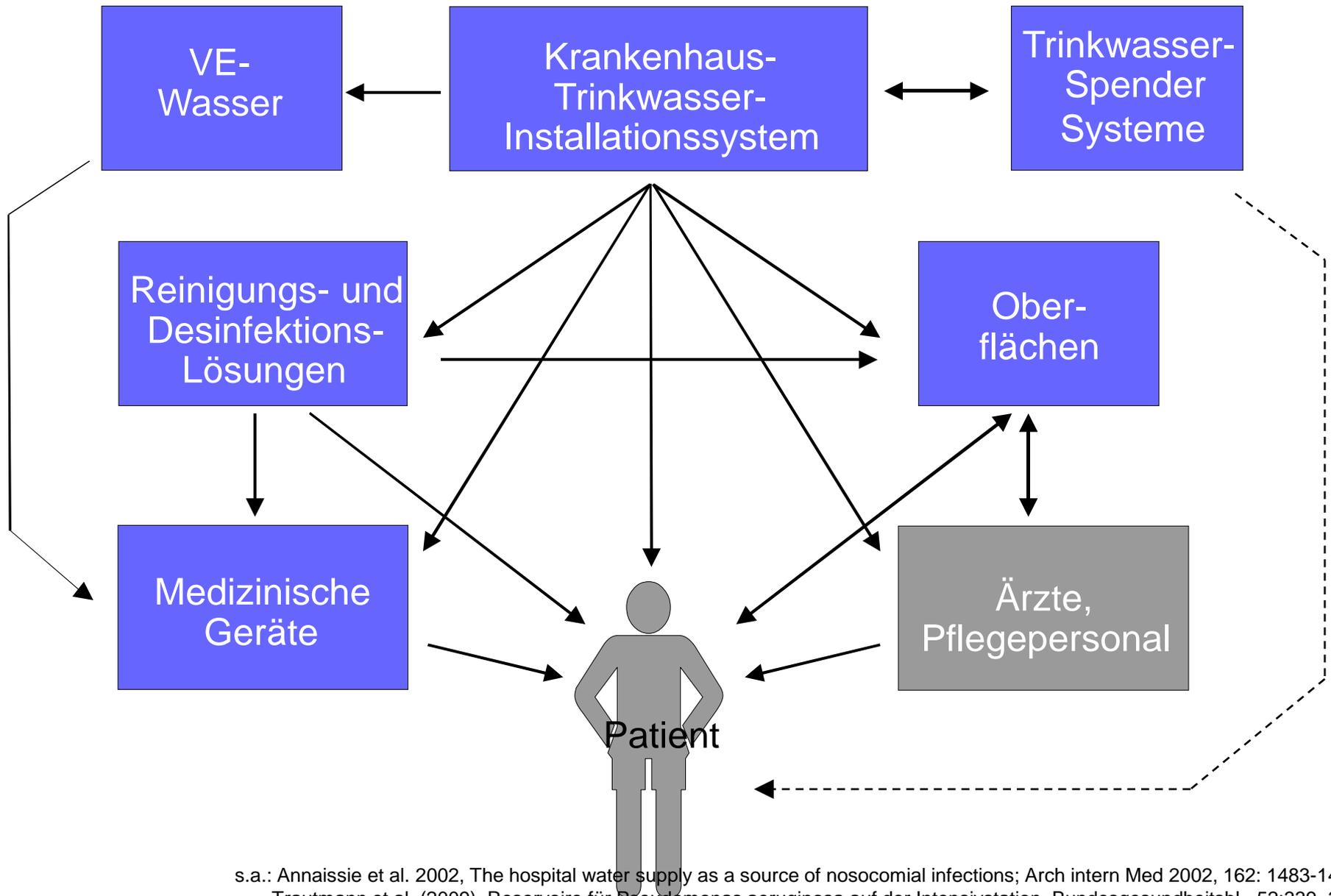
Übersicht 3

Relevante oder potenzielle was- serassoziierte Infektionserreger in medizinischen Einrichtungen

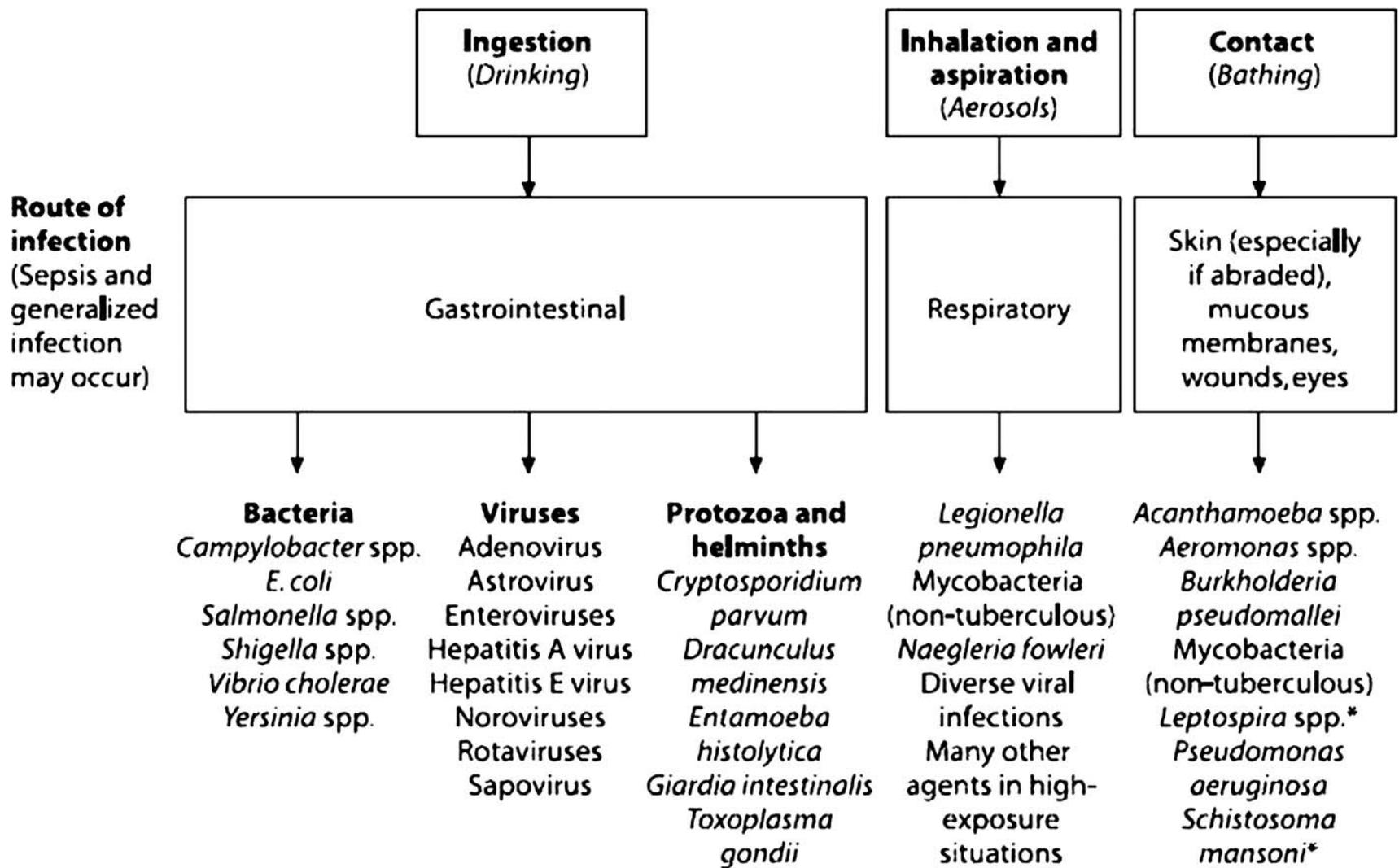
- Legionella spp.
- *Pseudomonas aeruginosa*
- Enterobacteriaceen (*E. coli*, *Serratia* spp., *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp.)
- *Acinetobacter* spp.
- *Burkholderia cepacia*
- *Stenotrophomonas maltophilia*
- *Sphingomonas* spp.
- *Ralstonia pickettii*
- Nicht-tuberkulöse Mykobakterien
- Pilze (*Aspergillus* spp., *Fusarium* spp.)
- Amöben-assoziierte Bakterien (*Legionella anisa*, *Bosea massiliensis*)

Table 1. Nosocomial Infections Related to the Hospital Water Supply (Tap Water and Water Reservoirs Only): Reports With Supporting Molecular Relatedness Studies*

Organism	Source	Site(s) of Infection	Method(s) Used to Link Patient and Environmental Strain	Susceptibility of Organism†
Bacteria				
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Trautmann et al, ¹¹ 2001	Blood, lungs, peritoneum, trachea, urine	AP-PCR	Not reported
	Bert et al, ¹² 1998	Lung, sinuses, urine	DNA macrorestriction analysis	Resistant
	Buttery et al, ¹³ 1998	Blood, central venous catheter, skin, urine	PFGE	Resistant
	Ferroni et al, ¹⁴ 1998	Urine	PFGE	Not reported
	Ezpeleta et al, ¹⁵ 1998	Blood	ERIC-PCR, RAPD	Not reported
	Burucoa et al, ¹⁷ 1995	Not reported	DNA fingerprinting	Susceptible
	Richard et al, ¹⁸ 1994	Blood, lung, wound	DNA typing, serotyping	Resistant
	Kolmos et al, ¹⁹ 1993	Blood	Phage typing, serogrouping	Susceptible
	Grundmann et al, ²⁰ 1993	Blood, CSF, trachea	Genotyping, serotyping	Not reported
	Worlitzsch et al, ²¹ 1989	Urine	ExoA DNA probe	Not reported
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Weber et al, ²³ 1999	Peritoneum, respiratory tract, skin	PFGE
Verweij et al, ²⁴ 1998		Trachea	RAPD	Resistant
Chachaty et al, ²⁵ 1998		Blood, stools	PFGE	Resistant
Talon et al, ²⁶ 1994		Blood, stools, throat, urine	PFGE	Resistant
<i>Serratia marcescens</i>	Carlyn et al, ²⁸ 1998	Eye, stools	PFGE	Not reported
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Pina et al, ³² 1998	Skin, wound	PFGE, biotyping	Not reported
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Picard and Gouillet, ³⁷ 1987	Blood	Electrophoretic esterase typing	Not reported
<i>Chryseobacterium</i> species	De Schuijmer et al, ⁴¹ 1998	Blood	AP-PCR	Not reported
Mycobacteria				
<i>Mycobacterium avium</i>	Von Reyn et al, ⁴² 1994	Disseminated	PFGE	Not reported
<i>Mycobacterium fortuitum</i>	Kauppinen et al, ⁴⁴ 1999	Disseminated	AP-PCR	Susceptible
	Hector et al, ⁴⁵ 1992	Respiratory tract, wound	PFGE	Not reported
	Burns et al, ⁴⁶ 1991	Sputum	Phenotype analysis, plasmid profiles, PFGE	Partially reported
<i>Mycobacterium xenopi</i>	Benitez et al, ⁴⁷ 1999	Various	PCR-based techniques	Not reported
	Desplaces et al, ⁴⁸ 1995	Spine	Chromosomal restriction fragment patterns	Resistant
<i>Mycobacterium kansasii</i>	Picardeau et al, ⁴⁹ 1997	Abscess, blood, bone, sputum, stomach, urine	RFLP, PFGE, AFLP, PCR	Not reported
<i>Mycobacterium chelonae</i> and <i>Mycobacterium fortuitum</i>	Wallace et al, ⁵⁰ 1989	Sternal wound infection, prosthetic valve Sternal wound infection	Electrophoresis of enzymes, plasmid profiling	Resistant to doxycycline Susceptible to doxycycline
Fungi				
<i>Fusarium solani</i>	Anaïssie, ⁵¹ 1998	Disseminated	RFLP, RAPD, IR-PCR	Resistant
<i>Exophiala jeanselmei</i>	Nucci et al, ⁵² 1998	Disseminated	RAPD	Not reported
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Anaïssie et al, ⁶² 2002	Lungs	PCR, SSDP	Not reported



s.a.: Annaissie et al. 2002, The hospital water supply as a source of nosocomial infections; Arch intern Med 2002, 162: 1483-1492
 Trautmann et al. (2009), Reservoir für *Pseudomonas aeruginosa* auf der Intensivstation, Bundesgesundheitsbl · 52:339–344



* Primarily from contact with highly contaminated surface waters.

aus: Exner M, Kramer A, Lajoie L et al. (2005)

Prevention and control of health care-associated waterborne infections in health care facilities. Am J Infect Control 33:S26–S40

Die Trinkwasserverordnung

"Trinkwasser (...) muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist.

...

Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn bei der Wasseraufbereitung und der Wasserverteilung mindestens die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden und das Trinkwasser den Anforderungen der §§ 5 bis 7 entspricht. " (§ 4 Abs.1)

=> Einführung der Forderung nach Prozessqualität

Die Trinkwasserverordnung

Sowohl für chemische wie für mikrobiologische Kontaminationen gilt das Minimierungsgebot:

" ... sollen so niedrig gehalten werden, wie dies nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung von Einzelfällen möglich ist." (§ 5, Abs. 4 bzw. § 6, Abs. 3)

Darüber hinaus gelten die in der Verordnung genannten Grenzwerte.

**Minimierungsgebot für Mikroorganismen ist kein Desinfektionsgebot in Trinkwasserinstallationen in Gebäuden bei hartnäckiger Kontamination!
Siehe auch DVGW W551!**

Infektionsschutzgesetz

7. Abschnitt

Wasser

§ 37 Beschaffenheit von Wasser für den menschlichen Gebrauch sowie von Schwimm- und Badebeckenwasser, Überwachung

(1) Wasser für den menschlichen Gebrauch muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist.

(2) Schwimm- oder Badebeckenwasser in Gewerbebetrieben, öffentlichen Bädern sowie in sonstigen nicht ausschließlich privat genutzten Einrichtungen muss so beschaffen sein, dass durch seinen Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist.

Empfehlung zur Prävention nosokomialer Infektionen bei neonatologischen Intensiv-pflegepatienten mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g, 2007

- Leitungswasser kann opportunistische Krankheitserreger wie Coliforme (Klebsiellen, Enterobacter), Pseudomonas spp. und andere Gram-negative, nicht fermentierende Bakterien, Legionella spp und Protozoen enthalten. Tee, der in einigen Abteilungen zur Haut- und Schleimhautpflege bei Frühgeborenen verwendet wird, kann massiv mit gramnegativen Bakterien und Schimmelpilzen kontaminiert sein.
- Die mikrobiologische Qualität des Wassers in NIPS muss den Empfehlungen des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission entsprechen und soll sowohl dem Hygienefachpersonal als auch dem Behandlungsteam bekannt sein.
- Sofern die Einhaltung der Empfehlungen des Umweltbundesamtes nicht kontinuierlich gewährleistet werden kann, darf zur Pflege von Haut und Schleimhaut während der intensiv-medizinischen Behandlung von Frühgeborenen nur steriles oder sterilfiltriertes Wasser verwendet werden. Hierzu werden, solange kein anderes geeignetes Verfahren bereitsteht, endständige Wasserfiltersysteme empfohlen.

Empfehlung zur Prävention nosokomialer Infektionen bei neonatologischen Intensiv- pflegepatienten mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g
Mitteilung der Kommission für Krankenhaus-hygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut, 2007

Nosokomiale Infektionen

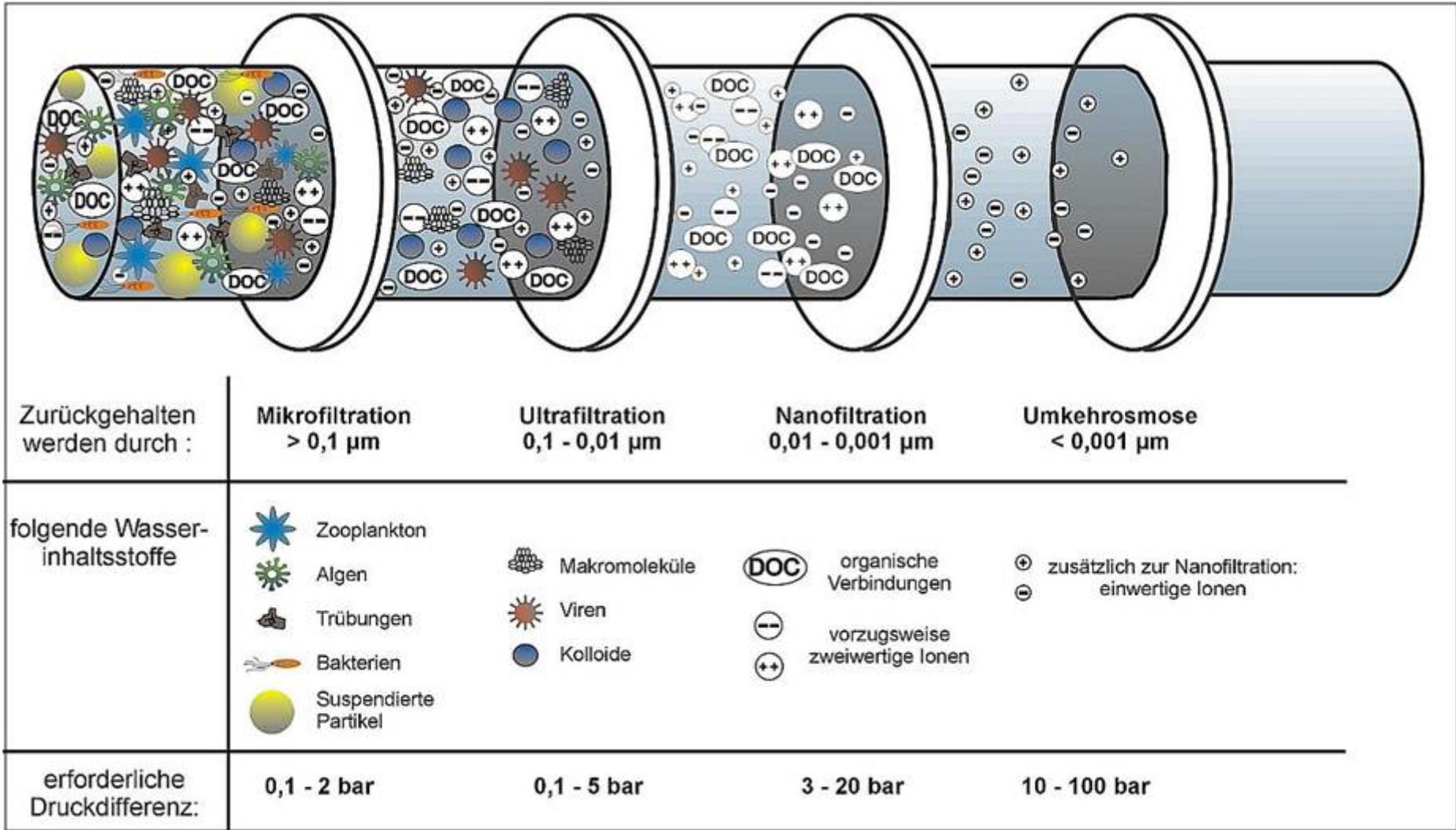
- Pro Jahr geschätzt 57.900 nosokomiale Neuinfektionen auf Intensivstationen

(Geffers C, Gastmeier P: Nosocomial infections and multidrug-resistant organisms in Germany—epidemiological data from KISS (The Hospital Infection Surveillance System). Dtsch Arztebl Int 2011; 108(6): 87–93. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0087)

- 30 bis 50% der Pseudomonas-aeruginosa-Infektionen auf Intensivstationen sind wasserassoziiert

(Exner M: Wasser als Infektionsquelle, Heilberufe, Oktober 2012, Volume 64, Issue 10, pp 24-27)

Partikelrückhalt durch Filtermembranen



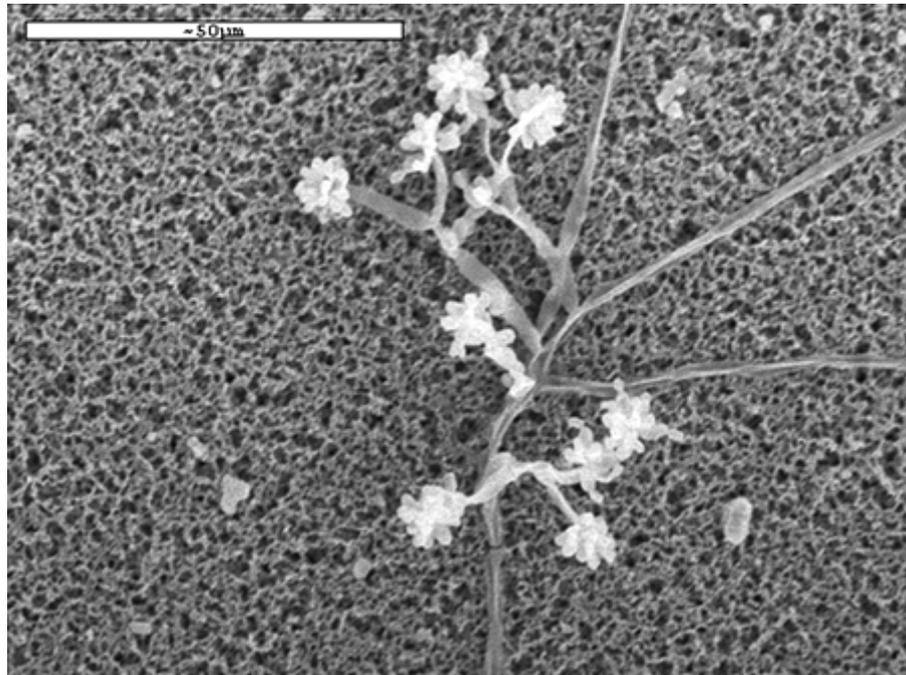
trinkwasserspezi.de/html/membranverfahren.html

Definition Sterilfiltration

Rückhalt von $\geq 10^7$ KBE
Brevundimonas diminuta
pro cm² Filtrationsmembran

ASTM F838-83

Organismenrückhalt



	Before installation of point-of-use filters			With point-of-use filters	
	Sink taps (N = 30)	Showers (N = 30)	Total (N = 60)	Sink taps (N = 10)	Showers (N = 10)
Filamentous fungi	100% (3.4 cfu/500 mL)	93% (2.3 cfu/500 mL)	97% (2.9 cfu/500 mL)	0	0
<i>Aspergillus</i> spp.	53% (1.1 cfu/500 mL)	17% (0.2 cfu/500 mL)	35% (0.7 cfu/500 mL)	0	0
<i>A. fumigatus</i>	53% (1.0 cfu/500 mL)	17% (0.2 cfu/500 mL)	35% (0.6 cfu/500 mL)	0	0

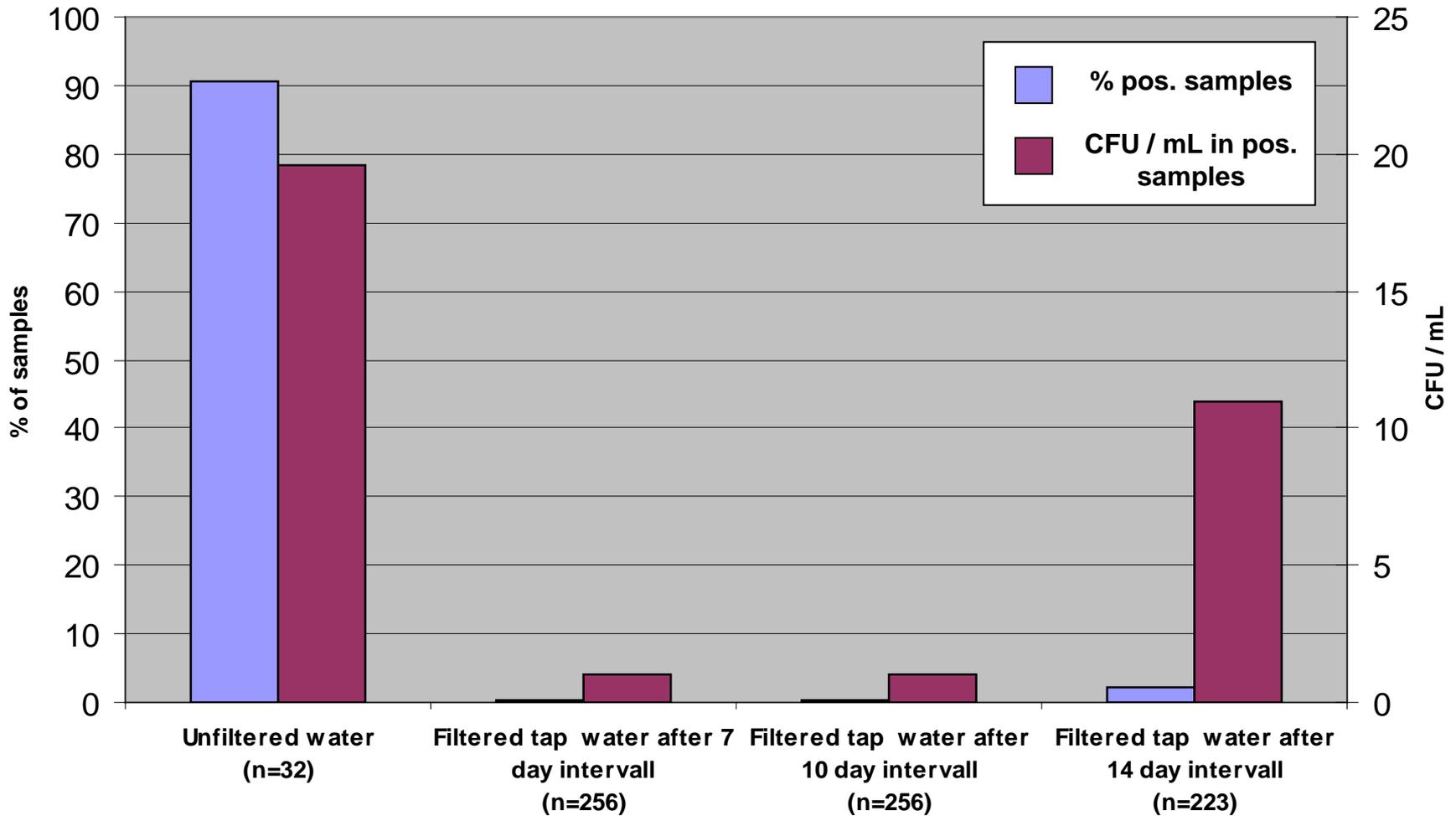
A. Warris et al. / Journal of Hospital Infection 76 (2010) 56-59

Organismenrückhalt

Faucet location (room number)		Mean Legionella concentration (CFU/mL) by sample day						Mean HPC bacteria x 1.000 (CFU/mL) by sample day							
	Day	0	2-3	4	6-7	8	10	13	0	2-3	4	6-7	8	10	13
Controls (immediate sample)	Day	0	2-3	4	6-7	8	10	13	0	2-3	4	6-7	8	10	13
BA 103		72,0	149,0	197,0	124,0	73,0	60,0	120,0	25,6	42,4	30,5	44,5	57,6	73,6	144,0
1A 104		94,0	128,0	92,0	133,0	70,0	100,0	365,0	36,9	50,3	27,7	39,8	76,5	83,2	131,2
2A 102A		87,0	66,0	103,0	49,0	20,0	50,0	43,0	24,7	33,1	35,3	39,7	52,2	97,6	115,2
	Mean	84,3	114	131	102	54	70	176	29,1	41,9	31,2	41,3	62,1	84,8	130,1
Filters (immediate sample)	Day	0	2-3	4	6-7	8	10	13	0	2-3	4	6-7	8	10	13
BA 105		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
1A 102		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	2,6	8,4
2A 102		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	1,8
2A 104		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	26,4
	Mean	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,8	9,5
Controls (postsample)	Day	0	2-3	4	6-7	8	10	13	0	2-3	4	6-7	8	10	13
BA 103		74,0	98,0	63,0	63,0	60,0	100,0	90,0	1,0	1,0	1,5	1,7	1,1	2,1	1,0
1A 104		46,0	97,0	42,0	78,0	57,0	50,0	60,0	0,8	1,4	2,0	1,4	1,0	6,7	1,0
2A 105A		100,0	91,0	53,0	85,0	70,0	70,0	65,0	1,2	1,2	2,0	2,4	1,3	2,4	1,9
	Mean	73,3	95,3	52,7	75,3	62,3	73,3	71,7	1,0	1,2	1,8	1,8	1,1	3,7	1,3
Filters (postSample)	Day	0	2-3	4	6-7	8	10	13	0	2-3	4	6-7	8	10	13
BA 105		Not	0	0	0	0	0	0	Not	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1A 102		Done	0	0	0	0	0	0	Done	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
2A 102			0	0	0	0	5	0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
2A 104			0	0	0	0	0	0		0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	3,3
	Mean		0	0	0	0	1	0		0	0	0	0,025	0	1,1

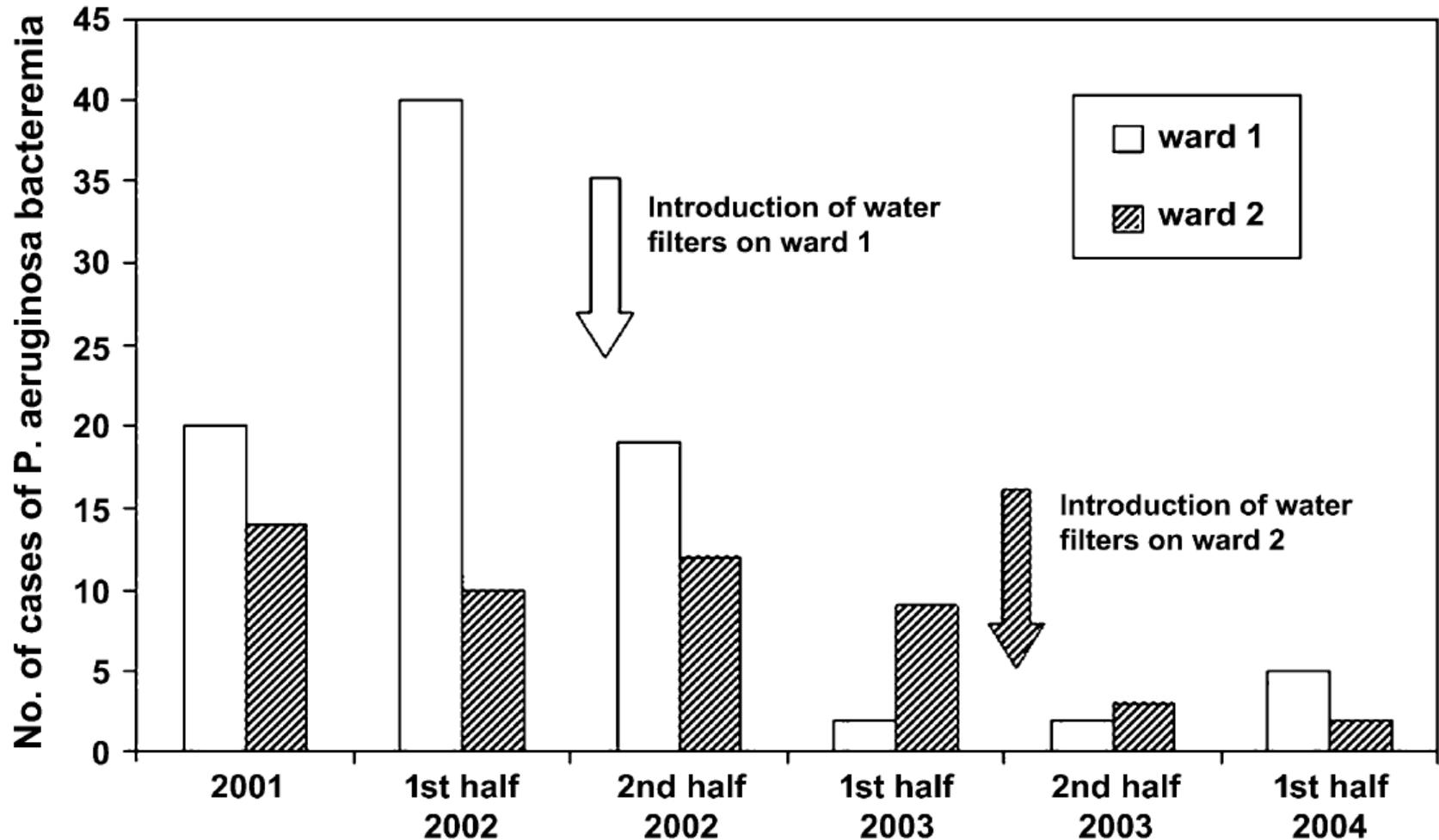
HPC, heterotrophic plate count.

Legionella findings in hospital tap water



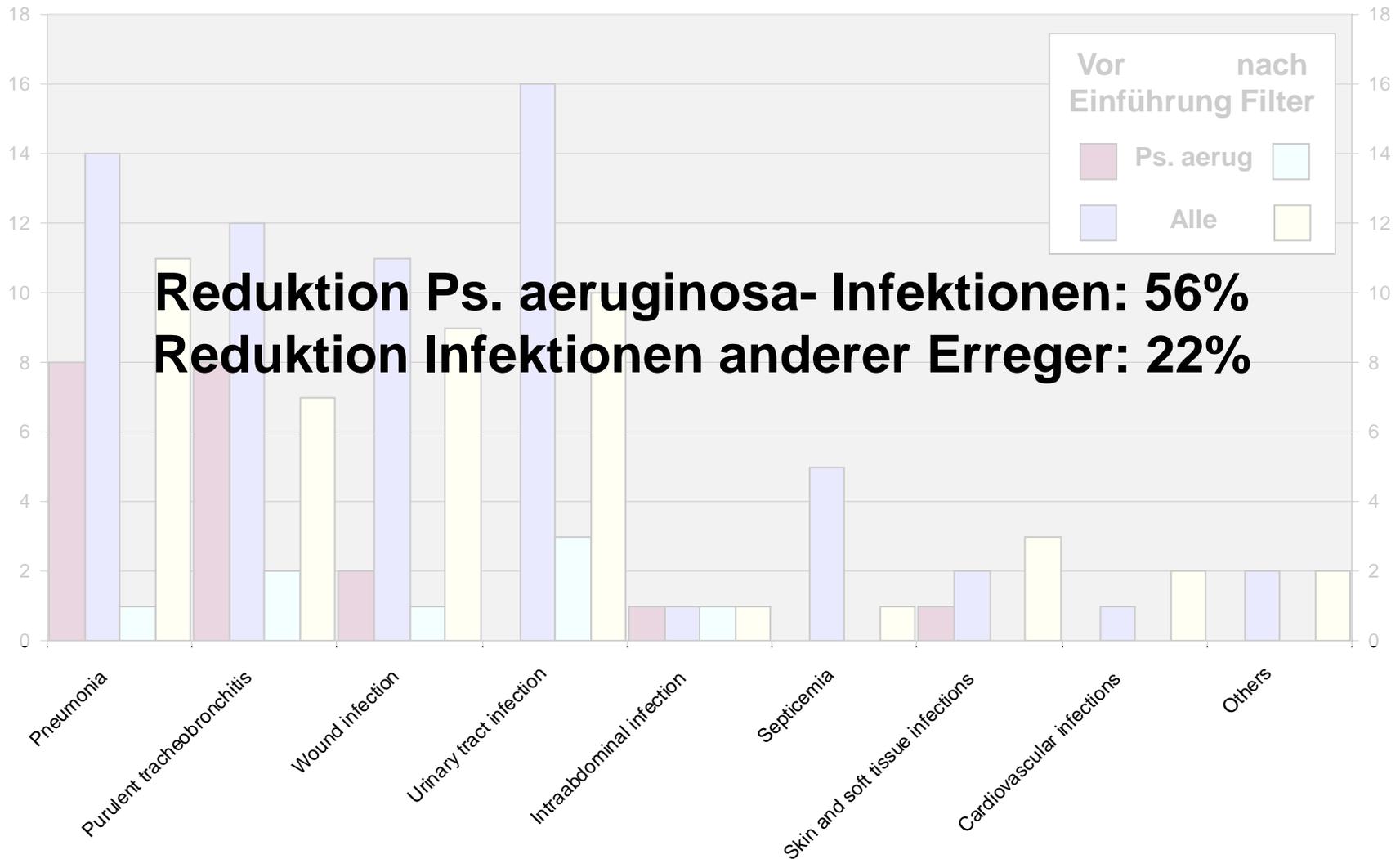
Zahlen aus: Vonberg et al. (2005) Journal of Hospital Infection 60, 159–162

Infektionsprävention



verändert, aus: Ricci P, Graldi P, Galli S, Vinelli N. Pseudomonas infections and water treatment in a haematology ward. 30th Congresso Nazionale L'Azienda Sanitaria, Sorrento, Italy, 2004, abstract no. 164

Infektionsprävention



Zahlen aus: Trautmann et al. (2008) AJIC, Vol. 36 No. 6, 421-429

Kosten – Nutzen ?

- Nach Trautmann et al. (2008) AJIC, Vol. 36 No. 6: 421-429:
 - Ausstatten der Station mit Filtern: 5.138 – 9.633 \$ / Jahr
 - Verhinderte NI / Jahr: 23
 - Geschätzte Zusatzkosten pro NI: ~ 3.000 \$
 - Ersparnis durch verhinderte NI: ~60.000 bis 64.000 \$ / Jahr
- Hall J, Hodgson G, Kerr KG. (2004) J Hosp Infect, 58:155-158.
 - Alternative Versorgung von 20 Intensivpatienten mit Trinkwasser (Kosten pro Woche):
 - Steriles Flaschenwasser: 540 € (Akzeptanzprobleme)
 - Kommerzielles stilles Mineralwasser 295 € (logistische Probleme)
 - Endständige Sterilfiltration: 63 € (Hähne ggfs. umrüsten)

Fazit

- Technische wasserführende Systeme, wie sie im Krankenhaus vorliegen, bedeuten immer die Möglichkeit einer Besiedlung mit und Vermehrung von (pathogenen) Mikroorganismen
- Innerhalb des Alltags auf Stationen existieren vielfältige Möglichkeiten, Bakterien aus Wassersystemen auf und in Patienten zu übertragen
- Der hohe Anteil wasserbürtiger Erreger an nosokomialen Infektionen lässt sich für verschiedenste Mikroorganismen belegen
- Der Rückhalt von Bakterien, Protozoen und Pilzen durch Sterilfiltrationsmembranen ist im Laborexperiment und auf Stationen belegt
- Der präventive Einsatz endständiger Sterilfilter kann die Rate wasserbürtiger NI nachvollziehbar senken
- Gerade bei ungünstiger baulicher Situation macht der (dauerhafte) präventive Einsatz endständiger Sterilfilter auch ökonomisch Sinn
- Probleme können auftreten durch
 - retrograde Kontamination infolge falschen Handlings
 - Verblocken der Filter durch hohen Partikel- / Bakterien-Gehalt



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!