

# Flughafenhygiene-Workshop 2004 der Stadt Frankfurt/Main

## Die Bedeutung des Parameters *Pseudomonas aeruginosa* in der Trinkwasserhygiene u. speziell in mobilen Versorgungsanlagen

Prof. Dr. med. M. Exner

Institut für Hygiene und Öffentliche  
Gesundheit der Universität Bonn



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

# Gliederung

- Einführung
- Charakterisierung und Ökologie
- Klinik
- Wasser als Infektionsreservoir
- Gesetzliche Anforderungen und Empfehlungen der WHO
- Zusammenfassung



# Charakterisierung und Ökologie

- *P. aeruginosa*: kleines, aerobes, gramnegatives Stäbchenbakterium
- charakteristisches Wachstum auf Agar-Medien, flache, unregelmäßig begrenzte, im Rand gezähnte, metallisch glänzende Kolonien mit blaugrünem Pigment
- Oxidase-positiv, Wachstum bei 42°C
- lindenblütenartiger Geruch

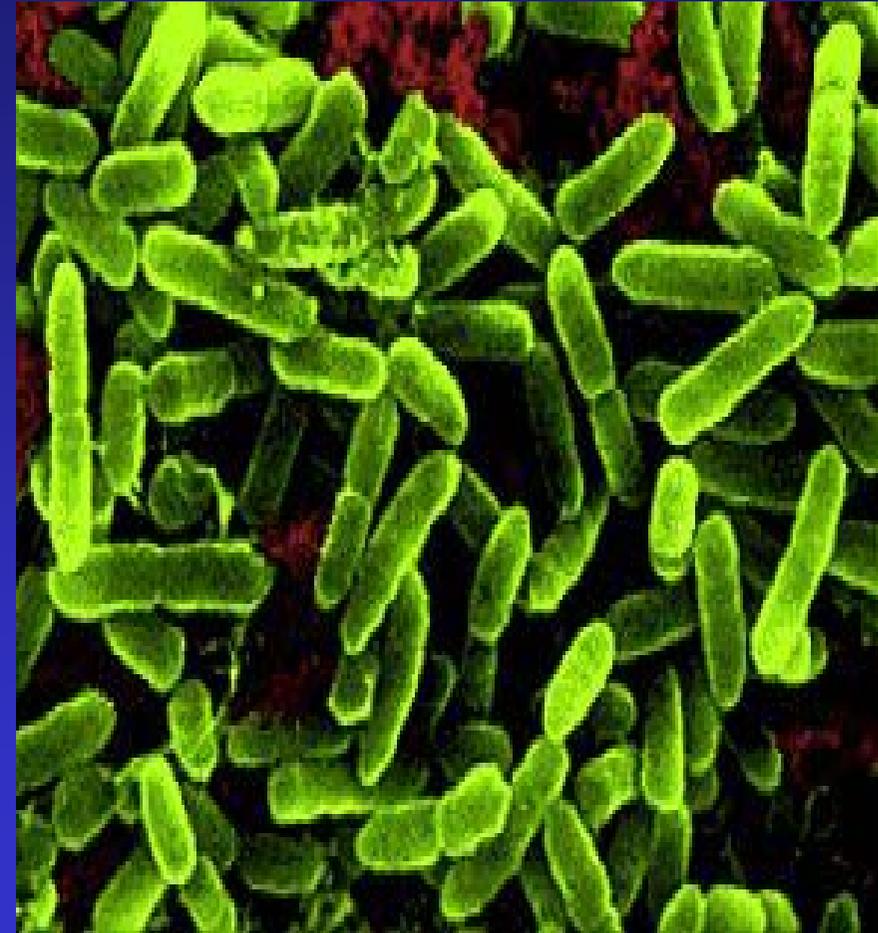


# Charakterisierung

- Früher: *Bacterium pyocyaneum* (Bakterium des blauen Eiters)
- später *Pseudomonas aeruginosa* (die blaugrüne Pseudomonade)



# P. aeruginosa



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

# Ökologie

Unter allen Bakterienspezies die größte Vielfalt ökologischer Nischen

- Abbau verschiedenster Substrate und Aufbau mit Polysaccharidschleim umschlossener Mikrokolonien
- Adhäsion der Mikrokolonien an feuchten Oberflächen im Boden, Wasser, Pflanzen, an menschlichen Epithelien



# Nachweisorte von *Pseudomonas aeruginosa* im Krankenhaus

- Wasserhähne
- Trinkwasserinstallationen
- Beatmungsgeräte
- Reinigungsmittel
- Desinfektionsmittel
- Spülbecken
- Gemüse (Tomaten)
- Blumenwasser
- Endoskope
- Badewasser



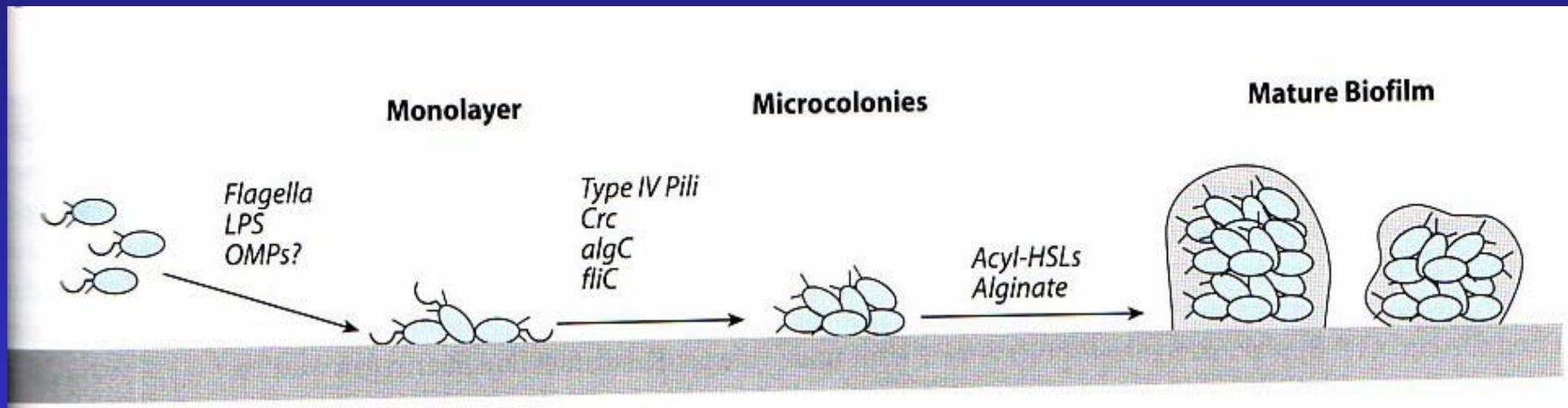
# Biofilm

*Pseudomonas aeruginosa* besonders befähigt zur Biofilmbildung

Biofilm stellt hoch organisiertes bakterielles System mit interzellulärer Kommunikation und Koordination aus Zellen einer oder mehrerer Spezies dar

- charakteristischer Ablauf einer Biofilmbildung



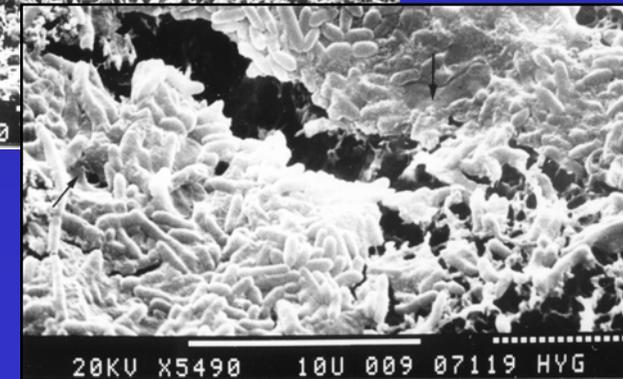
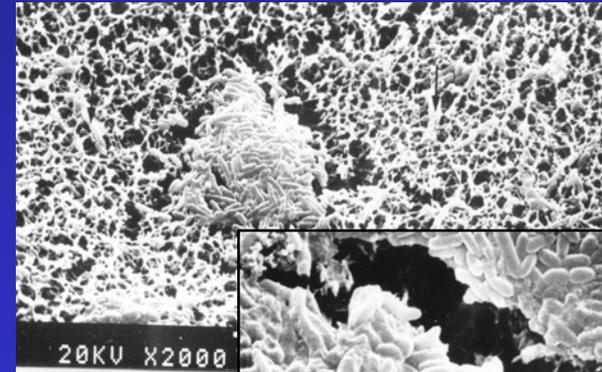
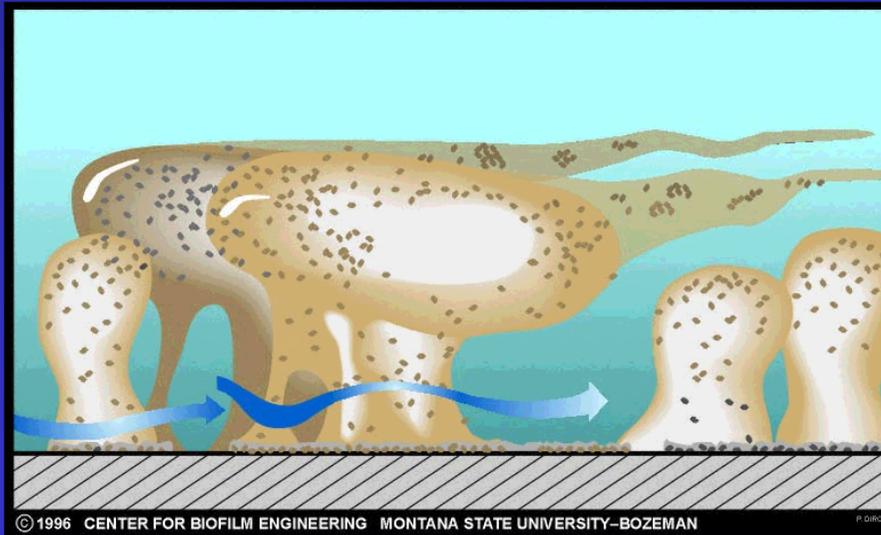
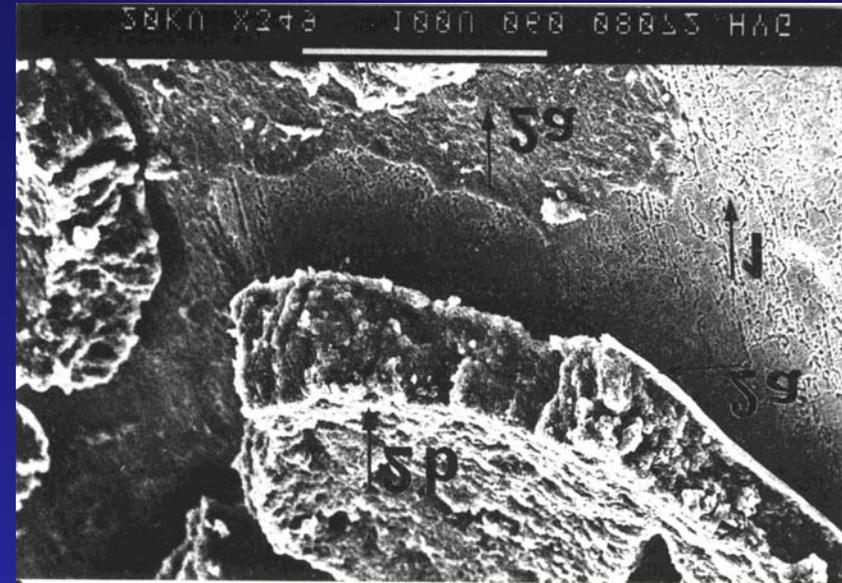
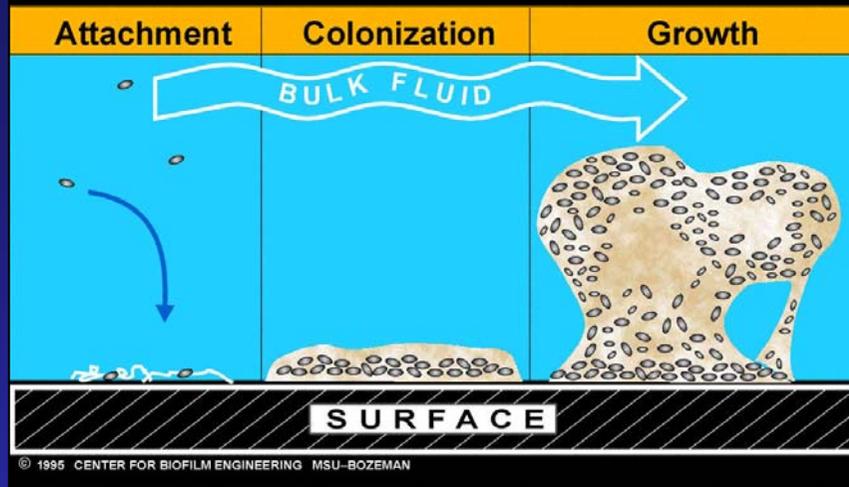


Stufen der Biofilmbildung  
 nach Bauernfeind, A. in Die Infektiologie (eds. Adam et al. 2004)



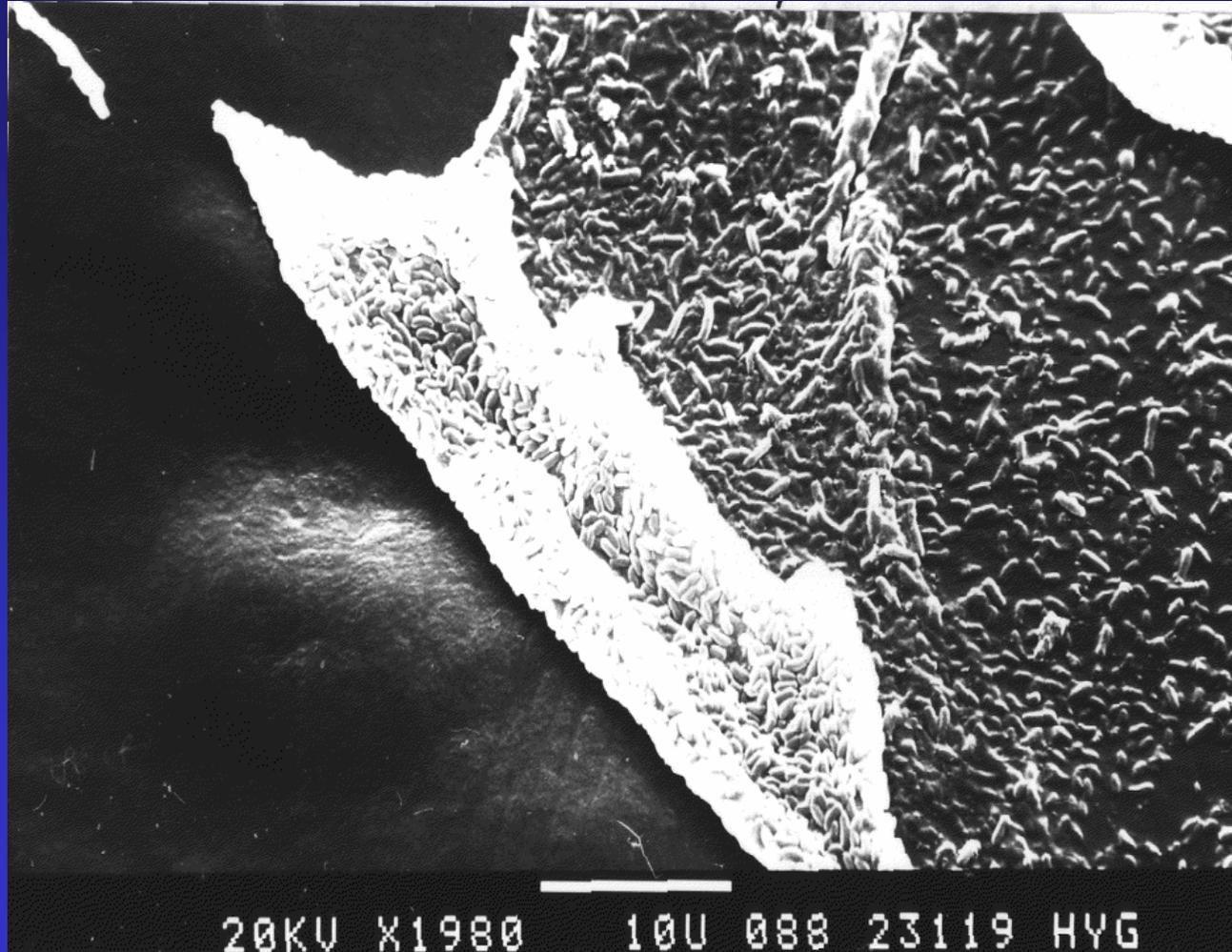
Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
 der Universität Bonn

# Biofilm formation:



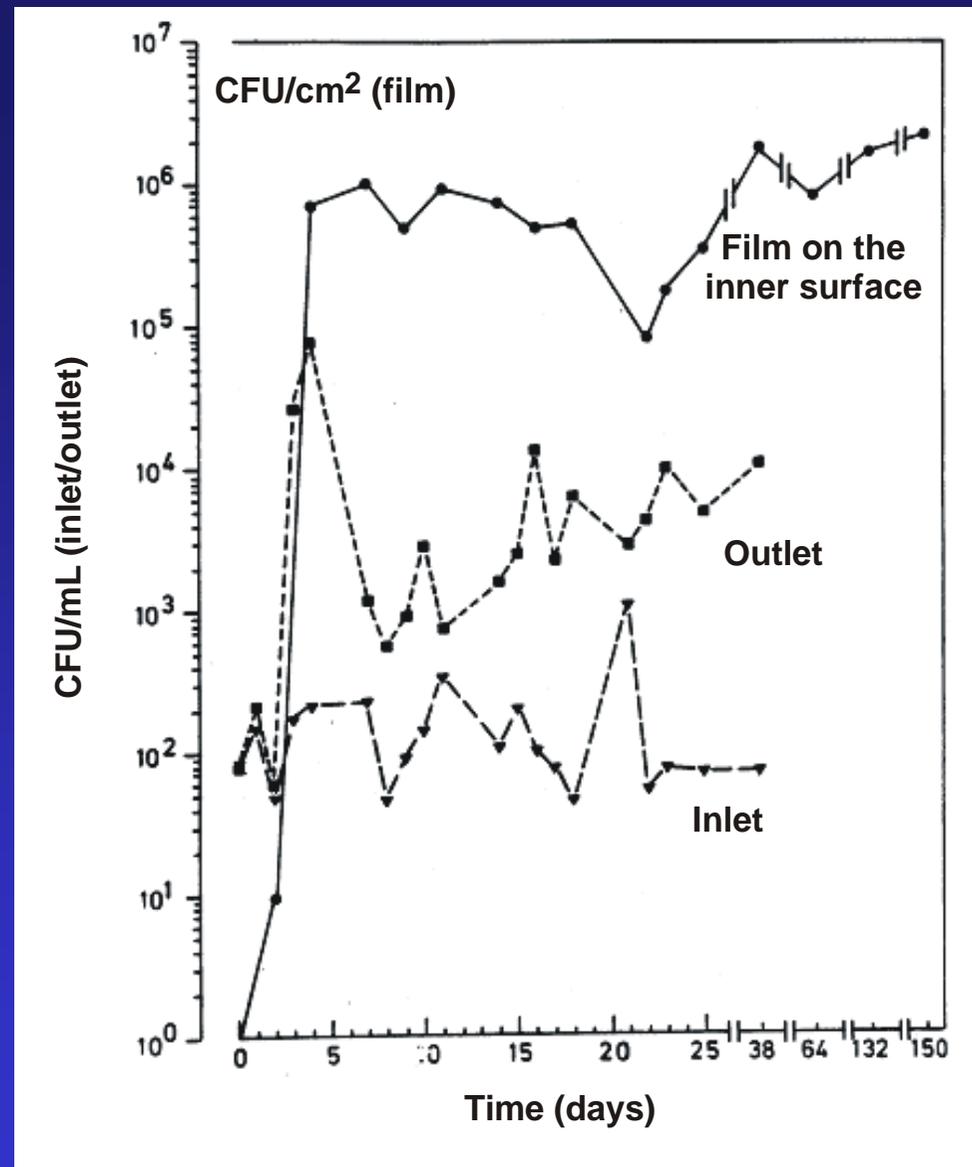
Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

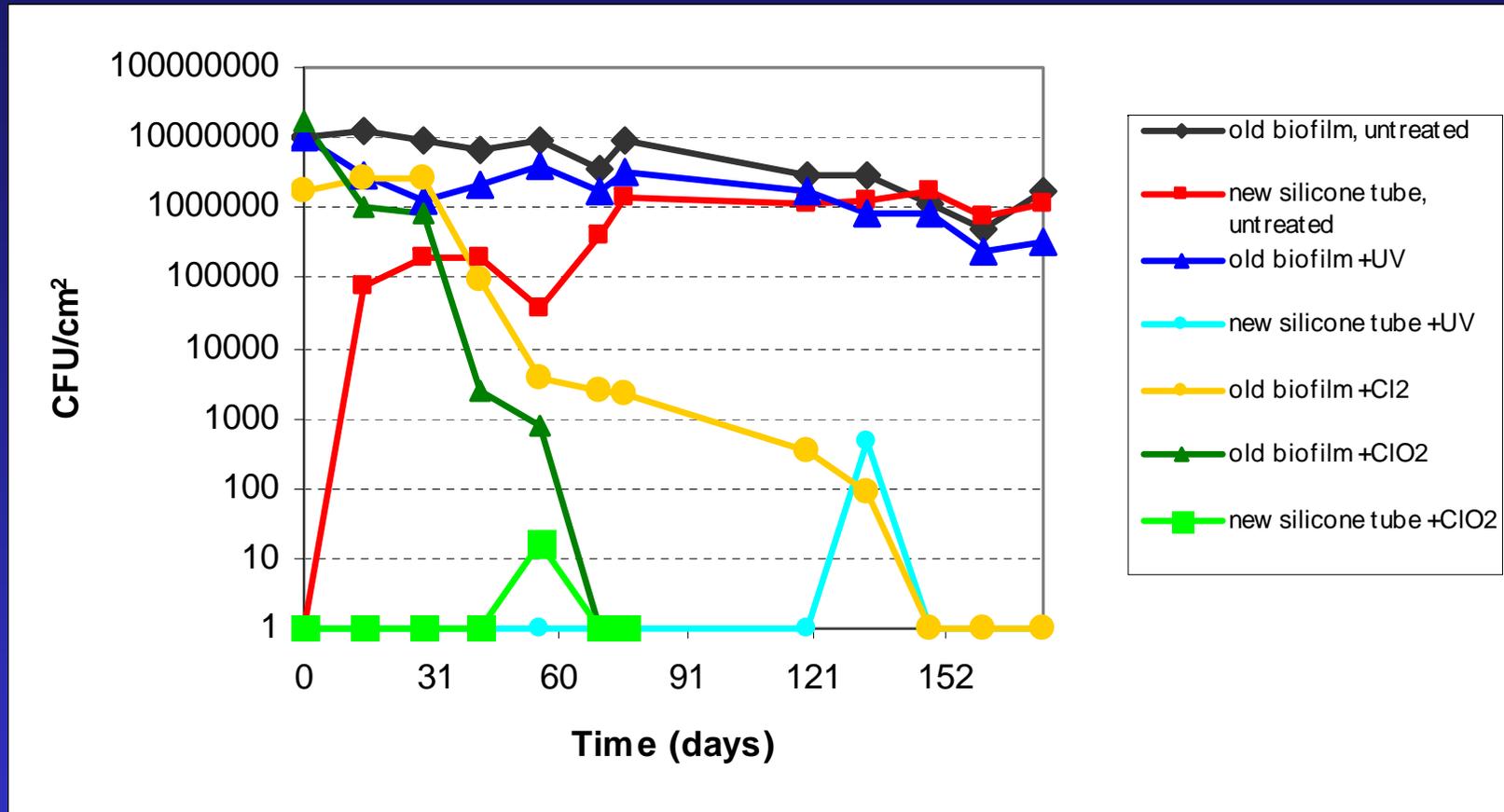
# Biofilmbildung in wasserdurchströmten Systemen



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

# Colony count in water at the inlet and outlet of a silicone tube and at its internal surface





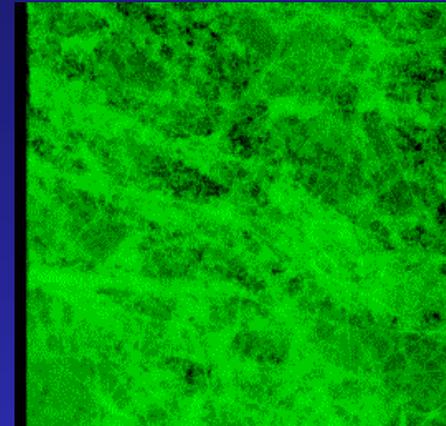
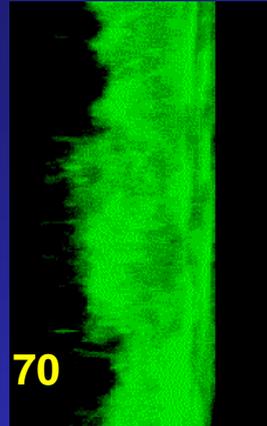
Survival of bacteria in different treated biofilms and formation of biofilms in new silicone tubes exposed to chlorine, chlorine dioxide or UV-C and untreated



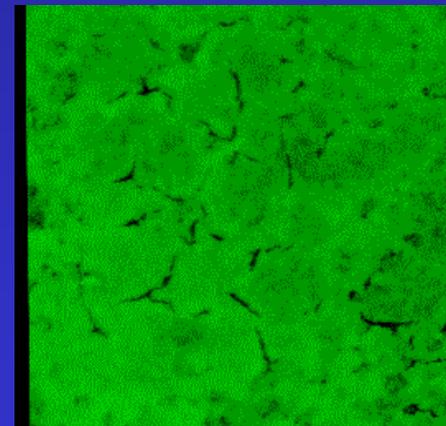
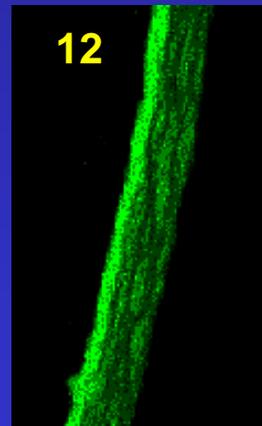
# Effekt von $\text{Cl}_2$ auf bestehende Biofilme

Mit freundlicher Unterstützung von H.-C. Flemming und M. Strathmann, Universität Duisburg

147-Tage alter Biofilm  
ohne  $\text{Cl}_2$



267-Tage alter Biofilm  
+ 67-Tage  $\text{Cl}_2$



— 40  $\mu\text{m}$



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

# Biofilm

In Biofilmen eingeschlossene Bakterien haben deutlich niedrigere Desinfektions- und Antibiotikaempfindlichkeit( mehr als 500 fach geringer).



# Biofilm zur Adhäsion

Biofilme mit *Pseudomonas aeruginosa* an Oberflächen in Bächen und Flüssen

- Biofilme auf Implantaten, Urindauerkathetern, Endotrachealschläuchen, Kontaktlinsen
- Infektionen bei Mucoviszidose-Kranken



# Gliederung

- Einführung
- Charakterisierung und Ökologie
- Klinik
- Wasser als Infektionsreservoir
- Gesetzliche Anforderungen und Empfehlungen der WHO
- Zusammenfassung



# Klinik von *Pseudomonas aeruginosa*

vielgestaltige Krankheitsbilder

unterschiedliche Formen der Chronifizierung und der Komplikationen

hohe natürliche Antibiotika-Resistenz, daher schwierige Therapieoptionen

fakultativ-pathogener oder opportunistisch-pathogener Krankheitserreger



# Klinik

Vielzahl von klinischen Bildern

- Atemwegsinfektionen
- Sepsis (insbes. bei immungeschwächten Patienten)
- Endokarditis
- CNS-Infektionen
- Infektionen d. Ohren (chronische Mittelohrvereiterung  
Otitis externa, O. externa maligna,)
- Infektionen der Augen (bakterielle Keratitis, korneale  
Ulzeration, Endophthalmitis)



# Klinik

- Infektionen der Knochen und Gelenke (Osteomyelitis)
- gastrointestinale Infektionen (nekrotisierende Enterocolitis bei Säuglingen)
- Harnwegsinfektionen (insbes. bei harnwegskatheterisierten Patienten)
- Haut- und Weichteilinfektionen (Pyodermie, Folliculitis, Cellulitis, Verbrennungswunden)



Table 17. *Pseudomonas aeruginosa* Infections in Healthcare Facilities

		References
<b>Clinical syndromes</b>	Septicemia; pneumonia (particularly ventilator-associated); chronic respiratory infections among cystic fibrosis patients; urinary tract infections; skin and soft-tissue infections (tissue necrosis and hemorrhage); burn wound infections; folliculitis; endocarditis; central nervous system infections (meningitis, abscess); eye infections; bone and joint infections	446 - 483
<b>Modes of transmission</b>	Direct contact with water, aerosols, aspiration, indirect transfer from moist environmental surfaces via healthcare worker hands	28, 482 - 486
<b>Environmental sources of Pseudomonads in healthcare settings</b>	Potable (tap) water; distilled water; antiseptic solutions; sinks, hydrotherapy pools, whirlpools; water baths; lithotripsy therapy; dialysis water; eyewash stations; flower vases	28, 29, 446, 448, 487 - 498
<b>Environmental sources of Pseudomonads in the community</b>	Fomites (e.g., drug injection equipment) stored in contaminated water	474, 475
<b>Patient populations at greatest risk</b>	Intensive care unit patients (including NICU), transplant patients (organ and hematopoietic stem cell), neutropenic patients, burn therapy and hydrotherapy patients, patients with malignancies, cystic fibrosis patients, patients with underlying medical conditions, dialysis patients	28, 446, 447, 452, 457, 473, 486 - 488, 491, 492, 499 - 504

(CDC  
2003)





**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**

Rangfolge	Beatmungs-assoziierte Pneumonie	Beatmungs-assoziierte Bronchitis	ZVK-assoziierte Sepsis	Harnwegkatheter-assoziierte Harnwegsinfektion
1.	<i>S. aureus</i> (24%)	<i>S. aureus</i> (26%)	Koagulase-negative Staphylokokken (32%)	<i>E. coli</i> (27%)
2.	<i>P. aeruginosa</i> (17%)	<i>P. aeruginosa</i> (18%)	<i>S. aureus</i> (15%)	<i>Enterococcus</i> spp. (25%)
3.	<i>Klebsiella</i> spp. (12%)	<i>Klebsiella</i> spp. (12%)	<i>Enterococcus</i> spp. (12%)	<i>P. aeruginosa</i> (14%)
4.	<i>E. coli</i> (10%)	<i>Enterobacter</i> spp. (10%)	<i>Enterobacter</i> spp. (5%)	<i>C. albicans</i> (11%)
5.	<i>Enterobacter</i> spp. (9%)	<i>E. coli</i> (10%)	<i>Klebsiella</i> spp. (5%)	<i>Klebsiella</i> spp. (6%)

Tab. 4: Anteil der fünf häufigsten Erreger an den insgesamt erfassten Erregern für die vier der *device*-assoziierten nosokomialen Infektionen, Januar 1997 bis Dezember 2003

Epidem.Bull. 8.Okt.2004;41:349-351



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

# Pseudomonas-assoziierte Atemwegsinfektionen

- insbesondere bei jungen, immungeschwächten Patienten
- Aspiration von Sekreten aus dem oberen Respirationstrakt als wichtigstem Reservoir
- bis zur akut lebensgefährlichen Infektion (Fieber, Schüttelfrost, schwere Dyspnoe, Angst, Verwirrtheit, etc.)
- bakteriämische Pneumonie (typischerweise bei Neutropenie)



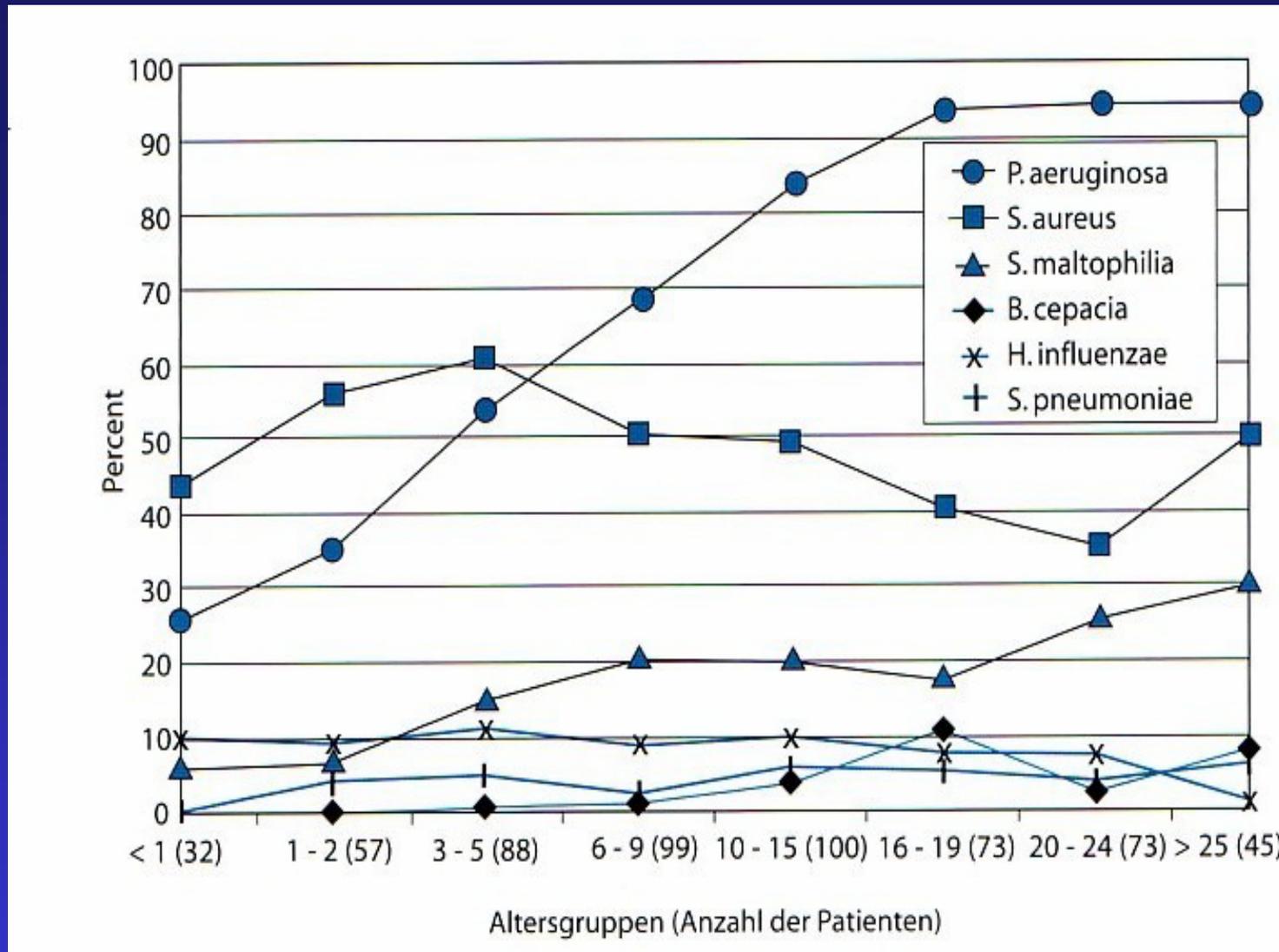
# Pseudomonas-assoziierte Atemwegsinfektionen

- hämatogene Invasion

Patienten versterben typischerweise 3 - 4 Tage nach Beginn der Symptome

- Infektion des unteren Respirationstraktes bei zystischer Fibrose ( Mucoviszidose)





Altersabhängigkeit der Prävalenz mukoviszidose-relevanter Bakterien  
 Bauernfeind, A. in Die Infektiologie (eds. Adam et al. 2004)



**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
 der Universität Bonn**

# Infektionen der Ohren

wichtigster Erreger in der Otitis externa

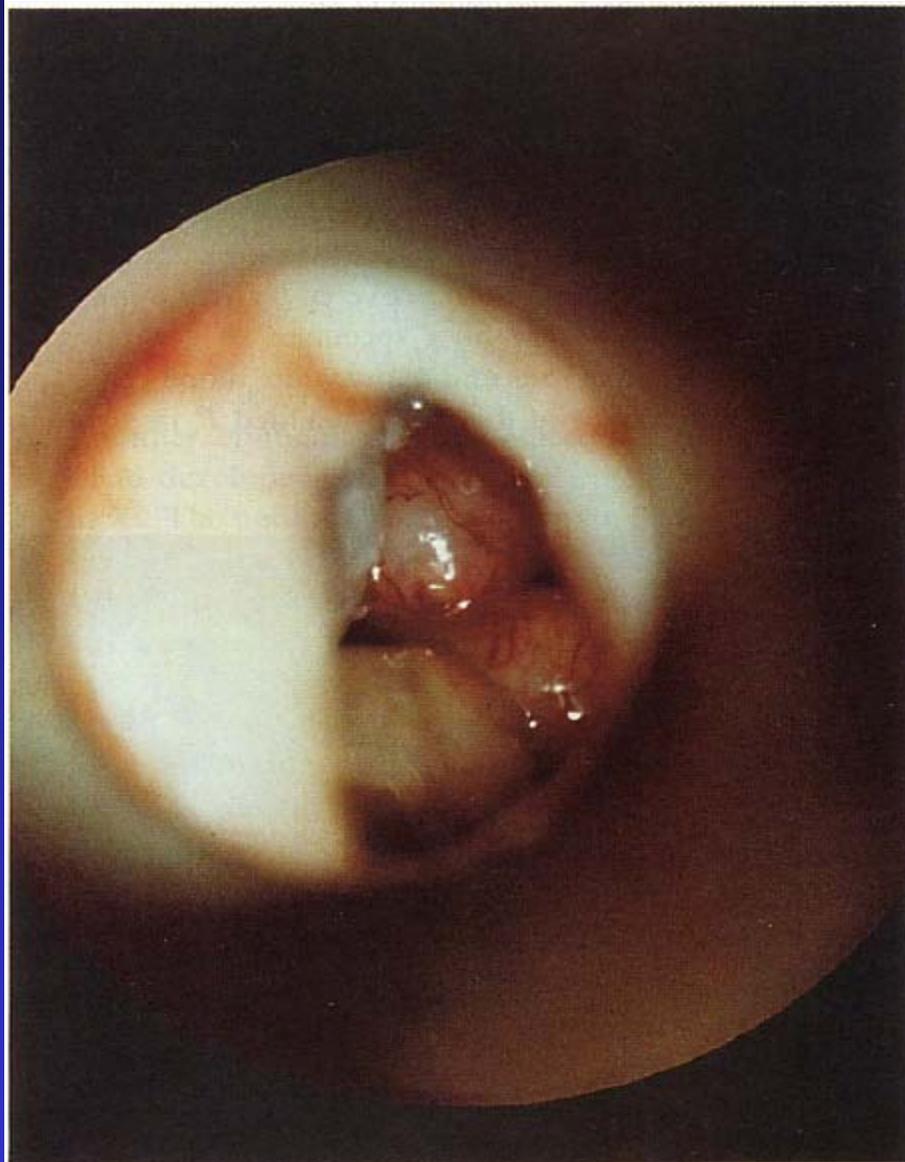
Klinik: schmerzende Ohren, eitriger Ausfluss,  
Schmerz bei Ziehen am Ohrläppchen

Gefahr: Penetrierung an der Knochen-  
Knorpelgrenze

destruierender Verlauf, maligne Otitis externa  
(hauptsächlich bei Diabetikern, Säuglingen)

hohe Letalität





**Figure 4.** Malignant otitis externa: granulation tissue in the external auditory canal, which was positive for *Pseudomonas aeruginosa* in culture, of a 76-year-old diabetic woman.





## "Swimmer's Ear" (Otitis Externa)

Protection Against Recreational Water Illnesses (RWIs)

### What is Swimmer's Ear?

Swimmer's Ear (ear ache) is an infection of the ear and/or outer ear canal. It can cause the ear to itch or become red and inflamed so that head movement or touching of the ear is very painful. Pus may also drain from the ear.

### What causes Swimmer's Ear?

Swimmer's Ear is often caused by infection with a germ called *Pseudomonas aeruginosa*. This germ is common in the environment (soil, water) and is microscopic so that it can't be seen with the naked eye. Although all age groups are affected by Swimmer's Ear, it is more common in children and young adults and can be extremely painful.



### How is Swimmer's Ear spread?

Having contaminated water get in the ear can give people Swimmer's Ear. Swimmer's Ear usually occurs within a few days of getting contaminated water or placing contaminated objects in the ear.

### Is there a difference between a childhood middle ear infection and Swimmer's Ear?

Yes. Swimmer's Ear is not the same as the common childhood middle ear infection. If you can wiggle the outer ear without pain or discomfort then your ear infection is probably not Swimmer's Ear.

### Can Swimmer's Ear be prevented?

Yes. Here are four Healthy Swimming tips for protection against Swimmer's Ear:

- 1) Dry your ears after swimming. If it is difficult to get water out of your ear, apply a few drops of an alcohol-based ear product into the ear.
- 2) Ask your pool manager about the chlorine and pH testing program at your pool. Pools and hot tubs with good chlorine and pH control are unlikely to spread Swimmer's Ear.
- 3) Pay attention to signage and avoid swimming in locations that have been closed because of pollution.
- 4) Avoid putting objects in the ear (e.g. fingers, cotton swabs) that may scratch the ear canal and provide a site for infection.

If you think you have Swimmer's Ear, consult your healthcare provider. Swimmer's Ear can be treated with antibiotic ear drops.

For further information, go to [www.healthyswimming.org](http://www.healthyswimming.org)

www.healthyswimming.org

Healthy Swimming



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

# Infektionen der Augen

- bakterielle Keratitis
- korneale Ulzeration
- Endophthalmitis

*Pseudomonas aeruginosa*-Keratitis (assoziiert mit kleinen Verletzungen, häufig assoziiert mit Kontaktlinsen)

Hier: unzureichende Reinigung d. Kontaktlinsen durch verunreinigte Reinigungslösung



# Infektionen der Augen durch *P. aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa*-Endophthalmitis  
nach penetrierenden Augenverletzungen,  
intraokkulären chirurgischen Eingriffen, bei  
hämatogener Ausstrahlung

schneller, progredienter, sehbehindernder  
Verlauf bis zum Verlust des Auges  
unbedingt sofortige therapeutische  
Intervention





Abb. 1 Linkes Auge einer 33-jährigen Patientin 2 Tage nach Verwendung einer neuen hydrophilen Monatslinse mit progredientem Hornhautringinfiltrat.

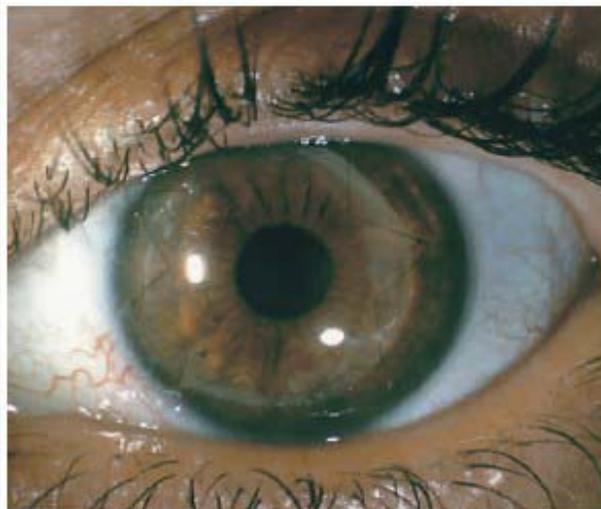
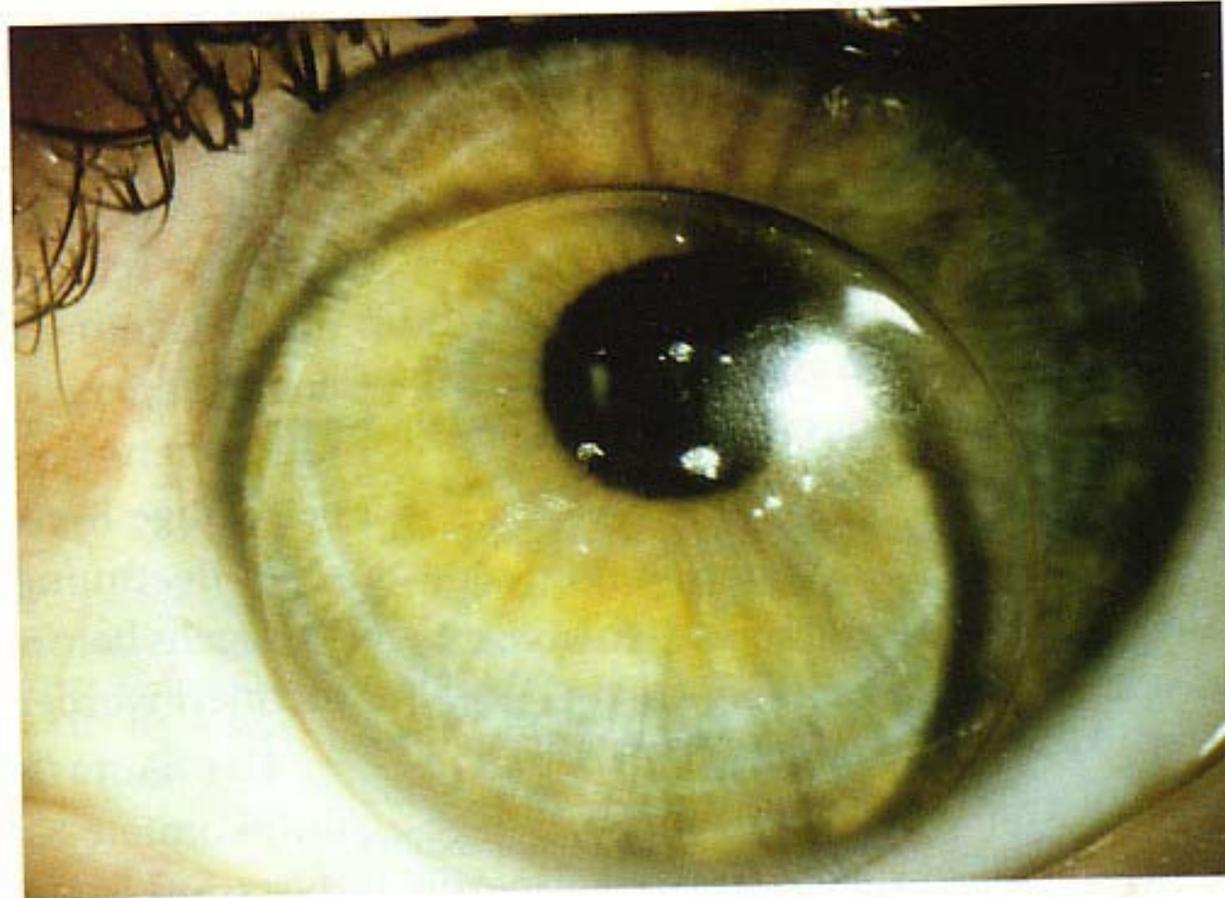


Abb. 2 Linkes Auge der Patientin 8 Monate nach perforierender Keratoplastik mit einem Visusanstieg auf 0,32 und Zustand nach Entfernung eines fortlaufenden Fadens.



*Abbildung 5:  
Sichtbare Biofilmbildung  
auf harter Polymethyl-  
methacrylat-Kontaktlin-  
se. Diese meist kombinier-  
ten Reinigungs- und Des-  
infektionsmängel (keine  
Wasserstoffperoxidsyste-  
me) sowie Einsatzfehler  
führen auf der der Horn-  
haut zugewandten Seite  
zu verlängerten bakteriel-  
len Kontaktzeiten und  
sehr hohem Infektionsri-  
siko. Leitkeim ist *P. aeru-  
ginosa*.*



*Tabelle 2b:  
Erregerbefunde bei eitrigen bakteriellen Keratitiden\* (mod. nach 15).*

Risikofaktor	Erreger	Rel. Risiko
Kontaktlinsen	<i>P. aeruginosa</i>	8,16
Herpes-simplex-Virus	Acinetobacter	18,20
Lagophthalmus	Acinetobacter	26,20
Verätzungen	Acinetobacter	13,10
Trauma	<i>S. aureus</i>	6,27
Alter < 50 Jahre	<i>S. aureus</i>	3,24

\* die Daten beziehen sich nicht auf die absolute Häufigkeit, an deren erster Stelle in jedem Falle *S. aureus* und koagulasenegative Staphylokokken stehen



# Haut- und Weichteilinfektion

vesikuläre und pustuläre Läsionen bis zu tiefreichenden Abszessen und Cellulitis  
bei Hautverletzungen durch Traumen,  
Verbrennung, Dermatitis

*Pseudomonas aeruginosa*-Pyodermie

Kolonisation von Verbrennungsteilen, Gefahr der  
*P. aeruginosa*-Verbrennungswunden-sepsis  
(Biopsie aus der Verbrennungswunde bis zu  $10^5$   
koloniebildender Einheiten von *P. aeruginosa*-pro  
Gramm Gewebe)



# Haut- und Weichteilinfektion

*Pseudomonas aeruginosa*-Dermatitis oder Folliculitis im Zusammenhang mit kontaminierten heißen Bädern, Quellen, Whirl-pools und Schwimmbecken  
Hautausschläge auf Badeanzüge- bedeckte Hautteile begrenzt, kann assoziiert sein mit Kopfschmerzen, Benommenheit, Ohrenschmerzen, entzündeten Augen, etc.

meist selbstlimitierender Verlauf, bei Immunschwäche jedoch *P. aeruginosa*-Folliculitis u. Entwicklung zum Vollbild des Ecthyma gangränosum





Figure 3. Cutaneous folliculitis: superficial pustular lesions, the number of which was increased in areas covered by the bathing suit. 77-year-old housewife.



Figure 5. Ecthyma gangrenosum, nodular form: tender nodule (2 cm in diameter) deep in the dermis but without epidermal inflammation on a 77-year-old man with chronic myelomonocytic leukemia.



## *Pseudomonas* Dermatitis/Folliculitis

Protection Against Recreational Water Illnesses (RWIs)

### What is dermatitis?

Dermatitis is an infection of the skin.

The skin may become itchy and progress to a bumpy red rash that may become tender. There may also be pus-filled blisters that are usually found surrounding hair follicles. Because a swimsuit can keep contaminated water in longer contact with the skin, the rash may be worse under a person's swimsuit.



### What causes dermatitis?

Dermatitis infections are often caused by the germ *Pseudomonas aeruginosa*.

This germ is common in the environment (water, soil) and is microscopic so that it can't be seen with the naked eye. Most rashes clear up in a few days without medical treatment. However, if your rash persists, consult your healthcare provider.

### How is dermatitis spread?

Dermatitis is spread by direct skin contact with contaminated water.

The rash usually occurs within a few days of swimming in poorly maintained hot tubs or spas but can also be spread by swimming in a contaminated pool or lake.

### How can I protect myself from dermatitis?

Be aware that hot tubs and spas have warmer water than pools, so chlorine or other disinfectants evaporate faster. This leaves hot tubs and spas at risk for the spread of RWIs. Therefore, ask your pool manager about the bromine/chlorine and pH testing program at your hot tub or pool.

Ensuring frequent testing, control of bromine/chlorine levels, and pH control are likely to prevent the spread of dermatitis.

For further information, visit our website at [www.healthyswimming.org](http://www.healthyswimming.org)

# Gliederung

- Einführung
- Charakterisierung und Ökologie
- Klinik
- Wasser als Infektionsreservoir
- Gesetzliche Anforderungen und Empfehlungen der WHO
- Zusammenfassung



# Infektionsquelle für P.aeruginosa

- Endogene Herkunft
- Exogene Herkunft



**Table 2. Nosocomial Infections Related to the Hospital Water Supply (Tap Water and Water Reservoirs Only): Reports Without Supporting Molecular Relatedness Studies**

Organism	Source	Site(s) of Infection	Method(s) Used to Link Patient and Environmental Strain	Susceptibility of Organism*
<b>Bacteria</b>				
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Rudnick et al, <sup>16</sup> 1996	Blood	Serotyping	Not reported
	Martino et al, <sup>22</sup> 1985	Blood	Serotyping	Resistant
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Khardori et al, <sup>27</sup> 1990	Blood, lungs, urine, wound	Serotyping, antibiogram	Resistant
<i>Pseudomonas multivorans</i> ( <i>Burkholderia cepacia</i> )	Basset et al, <sup>29</sup> 1970	Wound	Serotyping, antibiogram	Not reported
<i>Pseudomonas mesophilica</i>	Gilchrist et al, <sup>30</sup> 1986	Blood, nasopharynx	Antibiogram	Resistant
<i>Pseudomonas paucimobilis</i>	Crane et al, <sup>31</sup> 1981	Sputum, urine	Temporal association	Not reported
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Ritter et al, <sup>33</sup> 1993	Catheter, trachea, stomach, umbilicus	Biochemical profile, antibiogram	Resistant
<i>Enterobacter cloacae</i>	Banjeree et al, <sup>34</sup> 1996	Blood, respiratory tract, urine, wound	Antibiogram	Resistant
<i>Flavobacterium meningosepticum</i>	Pokrywka et al, <sup>35</sup> 1993	Blood, respiratory tract	Temporal association	Susceptible
	Abrahamsen et al, <sup>36</sup> 1989	Blood, meninges	Temporal association	Susceptible
<i>Campylobacter jejuni</i>	Rautelin et al, <sup>38</sup> 1990	Stools	Temporal association	Not reported
<i>Serratia marcescens</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Pegues et al, <sup>40</sup> 1994	Blood, meninges	Serotyping, temporal association	Resistant
<i>P. aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas vesicularis</i> , <i>S. maltophilia</i>	Vanholder et al, <sup>39</sup> 1990	Blood	Temporal association	Not reported
<b>Mycobacteria</b>				
<i>Mycobacterium chelonae</i> subsp <i>abscessus</i>	Soto et al, <sup>43</sup> 1991	Nasal cellulitis	Temporal association	Susceptible

\*Resistant means resistant to 2 or more classes of antibiotics.



**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†
<b>Bacteria</b>				
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Trautmann et al, <sup>11</sup> 2001	Blood, lungs, peritoneum, trachea, urine	AP-PCR	Not reported
	Bert et al, <sup>12</sup> 1998	Lung, sinuses, urine	DNA macrorestriction analysis	Resistant
	Buttery et al, <sup>13</sup> 1998	Blood, central venous catheter, skin, urine	PFGE	Resistant
	Ferroni et al, <sup>14</sup> 1998	Urine	PFGE	Not reported
	Ezpeleta et al, <sup>15</sup> 1998	Blood	ERIC-PCR, RAPD	Not reported
	Burucoa et al, <sup>17</sup> 1995	Not reported	DNA fingerprinting	Susceptible
	Richard et al, <sup>18</sup> 1994	Blood, lung, wound	DNA typing, serotyping	Resistant
	Kolmos et al, <sup>19</sup> 1993	Blood	Phage typing, serogrouping	Susceptible
	Grundmann et al, <sup>20</sup> 1993	Blood, CSF, trachea	Genotyping, serotyping	Not reported
	Worlitzsch et al, <sup>21</sup> 1989	Urine	ExoA DNA probe	Not reported
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Weber et al, <sup>23</sup> 1999	Peritoneum, respiratory tract, skin	PFGE	Resistant
	Verweij et al, <sup>24</sup> 1998	Trachea	RAPD	Resistant
	Chachaty et al, <sup>25</sup> 1998	Blood, stools	PFGE	Resistant
	Talon et al, <sup>26</sup> 1994	Blood, stools, throat, urine	PFGE	Resistant
<i>Serratia marcescens</i>	Carlyn et al, <sup>28</sup> 1998	Eye, stools	PFGE	Not reported
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Pina et al, <sup>32</sup> 1998	Skin, wound	PFGE, biotyping	Not reported
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Picard and Goulet, <sup>37</sup> 1987	Blood	Electrophoretic esterase typing	Not reported
<i>Chryseobacterium</i> species	De Schuijmer et al, <sup>41</sup> 1998	Blood	AP-PCR	Not reported



Readers' Forum

---

Contribution of Tap Water and Environmental Surfaces to Nosocomial Transmission of Antibiotic-Resistant *Pseudomonas aeruginosa*

Lawrence F. Muscarella, PhD

Presence of Polyclonal *Pseudomonas aeruginosa* in an Intensive Care Unit: A 27-Month Prospective Study on Molecular Epidemiology

Pilar Cortés, MSc, PhD; Dolors Mariscal, MD; Jordi Vallés, MD, PhD; Jordi Rello, MD, PhD; Pere Coll, MD, PhD

ABSTRACT

---

*Pseudomonas aeruginosa* was isolated in 22.2% of 305 intensive care unit environmental cultures. A high genetic heterogeneity (18 pulsotypes) was evident. Taps and related surfaces were a stable reservoir for certain pulsotypes. The 15.4% of the *P aeruginosa*-positive cultures were polyclonal. Different colony morphotypes should be assayed in surveillance studies (*Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;22:720-723).



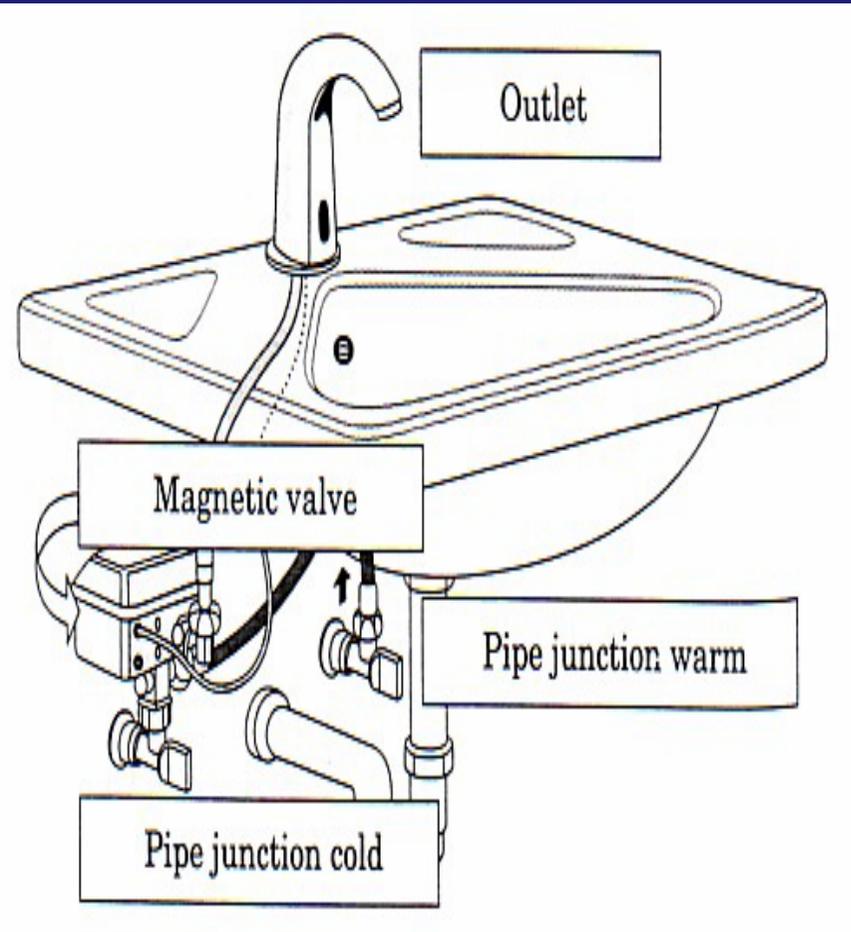
Journal of Hospital Infection (2001) 49: 117–121  
doi:10.1053/jhin.2001.1060, available online at <http://www.idealibrary.com> on IDEAL®



## Non-touch fittings in hospitals: a possible source of *Pseudomonas* *aeruginosa* and *Legionella* spp.

M. Halabi\*†, M. Wiesholzer-Pittl†, J. Schöberl† and H. Mittermayer‡

\*Department of Pathology and Microbiology, †Infection Control Team, Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern Ried im Innkreis, A-4910 Ried im Innkreis, ‡Department of Hygiene, Microbiology and Tropical Medicine, Krankenhaus der Elisabethinen Linz, Fadingerstrasse 1, A-4020 Linz, Austria



**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**

## Article



### Intensive Care Medicine

Publisher: Springer-Verlag Heidelberg  
ISSN: 0342-4642 (Paper) 1432-1238 (Online)  
DOI: 10.1007/s00134-004-2389-z  
Issue: Online First

#### Brief Reports

### Faucets as a reservoir of endemic *Pseudomonas aeruginosa* colonization/infections in intensive care units

D. S. Blanc<sup>1</sup> , I. Nahimana<sup>1</sup>, C. Petignat<sup>1</sup>, A. Wenger<sup>2</sup>, J. Bille<sup>2</sup> and P. Francioli<sup>1</sup>

- (1) Division autonome de médecine préventive hospitalière, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, 1011 Lausanne, Switzerland  
(2) Institut de Microbiologie, Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, 1011 Lausanne, Switzerland

Received: 8 December 2003 Accepted: 24 June 2004 Published online: 15 July 2004

#### Abstract

**Objective** To evaluate the role of faucets as a reservoir for *Pseudomonas aeruginosa* colonization/infection of patients hospitalized in intensive care units (ICUs).

**Design** Prospective epidemiological investigation performed during a nonepidemic period of 1 year. The inner part of the ICU faucets were swabbed for *P. aeruginosa*. Data were recorded on all patients with at least one culture of a clinical specimens positive for *P. aeruginosa*. Pulsed-field gel electrophoresis was used to characterize the strains.

**Setting** Five ICUs of a university hospital which are supplied by two separate water distribution networks.

**Patients** During a 1-year period 132 cases were investigated.

**Results** In 42% of cases (56/132) there were isolates identical to those found in the faucets, with a total of nine different genotypes. Among the nine genotypes isolated from both patients and faucets one of them, the most prevalent, was isolated in the two networks and in 30 cases. The other eight genotypes were recovered almost exclusively from either one (three genotypes in 12 cases) or the other (five genotypes in 12 cases) network and from the patients in the corresponding ICUs.

**Conclusions** These results suggest that the water system of the ICUs was the primary reservoir of patient's colonization/infection with *P. aeruginosa* in a substantial proportion of patients, although the exact mode of acquisition could not be determined.

**Keywords** Hospital plumbing network - Intensive care units - *Pseudomonas aeruginosa* - Pulsed field-gel electrophoresis - Water contamination



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

## Anteil wasserassoziierter nosokomialer P. aeruginosa Infektionen/Kolonisationen

- > 40 % auf Intensivtherapiestationen
- > 30 % auf Normal-Stationen<sup>1</sup>
- Patienten kolonisiert oder infiziert mit P.aeruginosa signifikant längerer medianer Aufenthalt auf ITS als Kontroll-Patienten (median 51 versus 3 Tage)
- ca. 1400 Todesfälle durch wasserassoziierte P. aeruginosa Pneumonien / Jahr in USA<sup>2</sup>

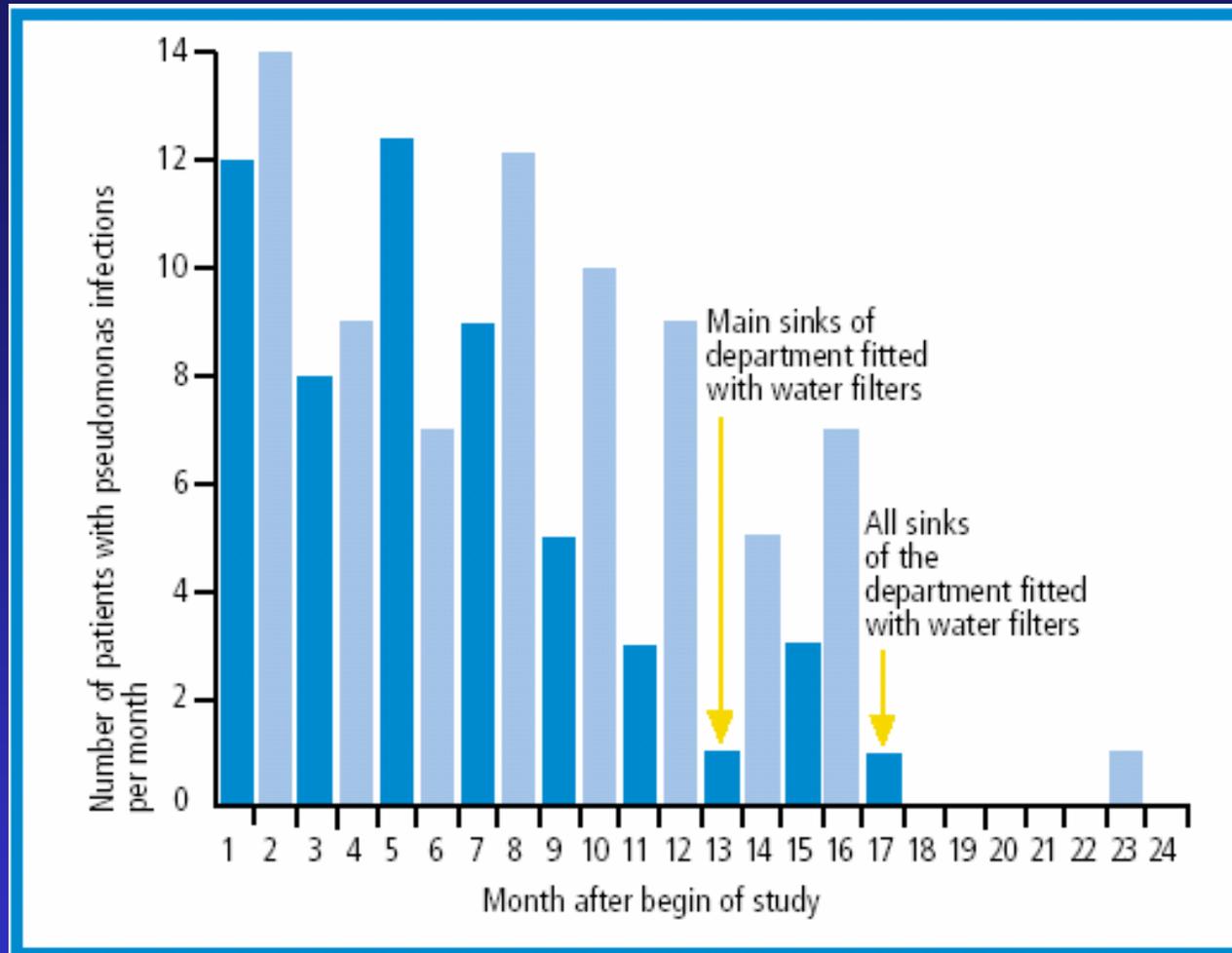
<sup>1</sup> Reuter et al. Crit.Care Med. 2002; 30:2222-2228

<sup>2</sup> Anaissie et al. Arch.Intern. Med. 2002;162:1483-1492



# Water and immunosuppressed patients - sterile water by end point-filtration



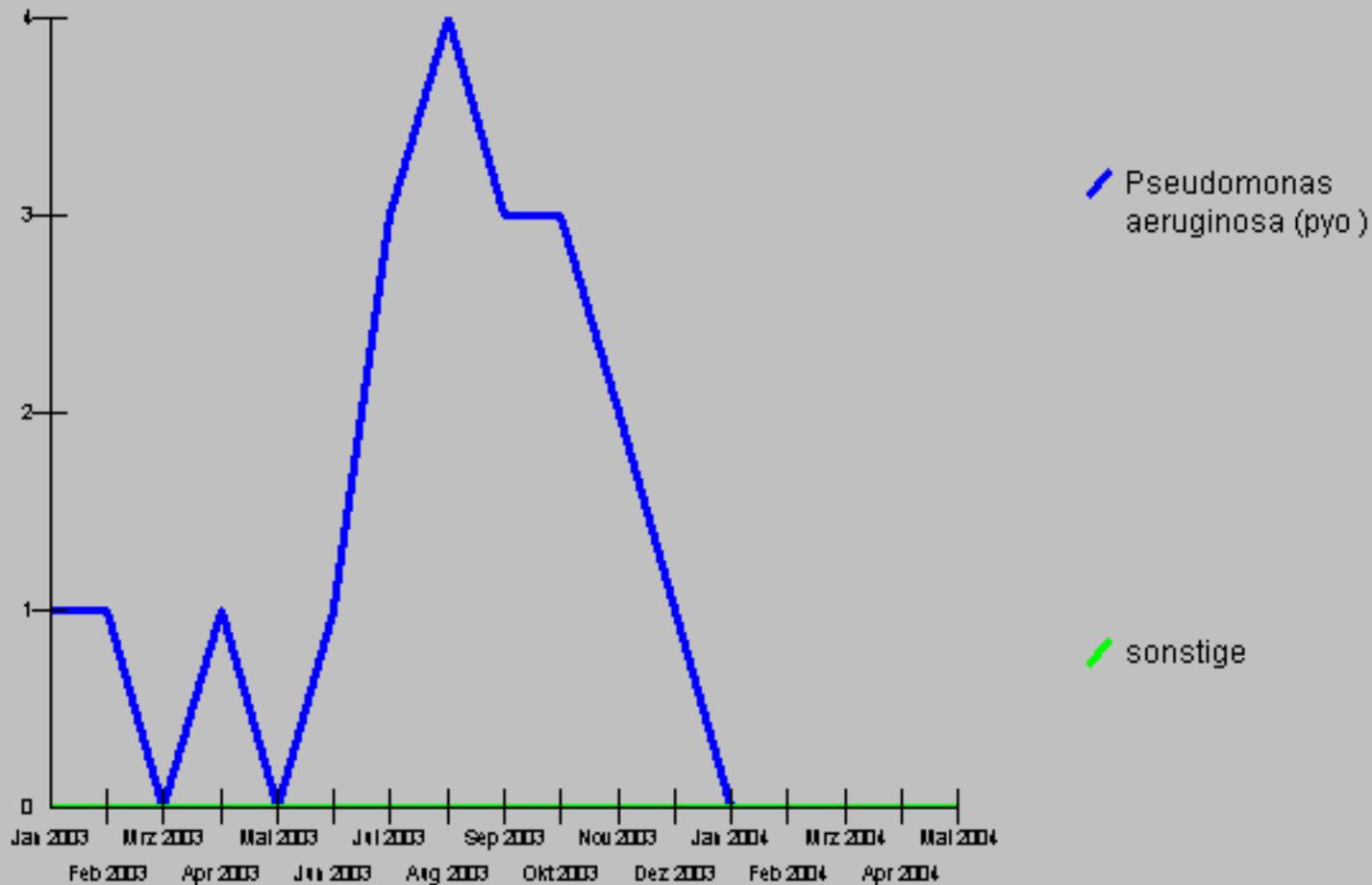


Trautmann et al. 2003



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn

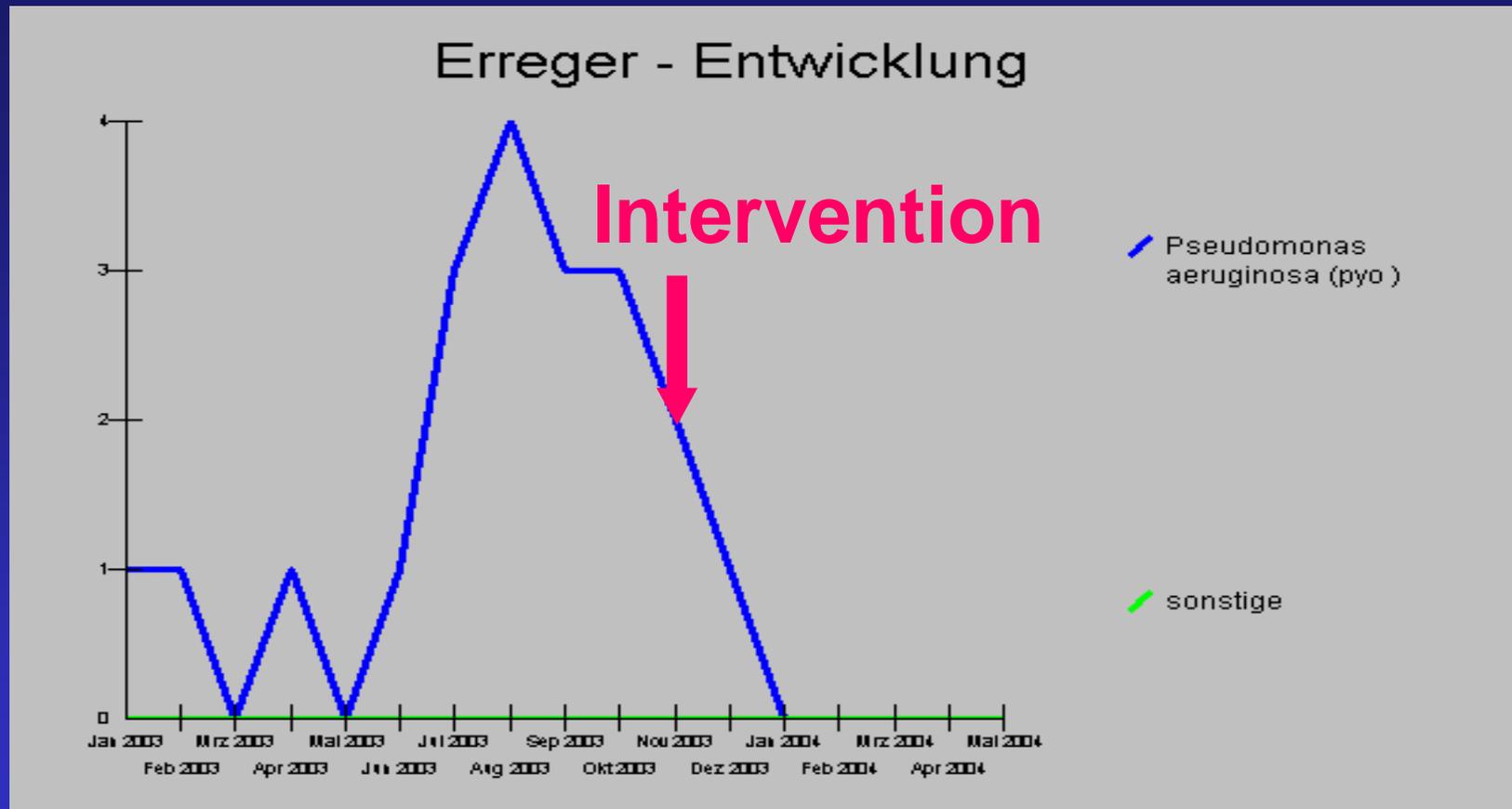
## Erreger - Entwicklung



Hornei, B. Exner, M: unpublished data 2004. Time Line of *P. aeruginosa* isolation from patients of an ICU in hospital



**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**



Hornei, B. Exner, M: unpublished data 2004. Time Line of *P. aeruginosa* isolation from patients of an ICU in hospital and Time of Intervention with the intergration of point-of-use filters (PALL)



**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**

# Infektionsepidemiologische Bedeutung wasserassoziierter *P. aeruginosa*

mittels Feintypsierungsverfahren bis zu 40 % aller  
Pseudomonas-Infektionen auf Intensivstationen  
wasserassoziiert

bis zu 36 % aller Infektionen auf Normalstationen  
wasserassoziiert

Nachweis von *P. aeruginosa* sowohl in Wasser-  
hähnen als auch in der Hausinstallation

begünstigende Faktoren: unsachgerechte  
Inbetriebnahme, Stagnation, günstige  
Wassertemperaturen, ungünstige Materialien, etc.



# Gliederung

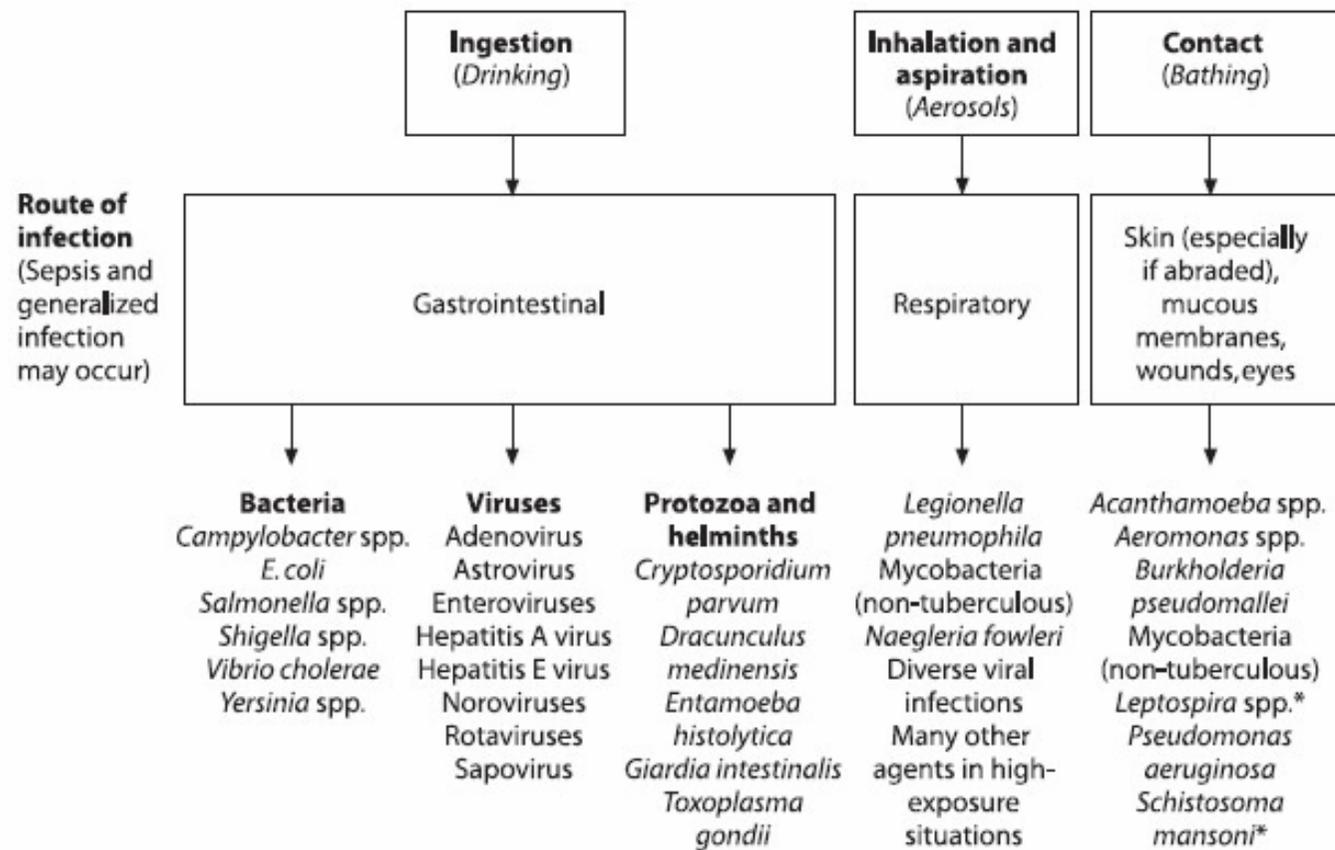
- Einführung
- Charakterisierung und Ökologie
- Klinik
- Wasser als Infektionsreservoir
- Gesetzliche Anforderungen und Empfehlungen der WHO
- Zusammenfassung



# Gesetzliche Regelungen zur Kontrolle von *P. aeruginosa* im Wasser

- WHO Guidelines for Drinking Water Quality
- Trinkwasser-Verordnung
- Badewasser-Verordnung (geplant)





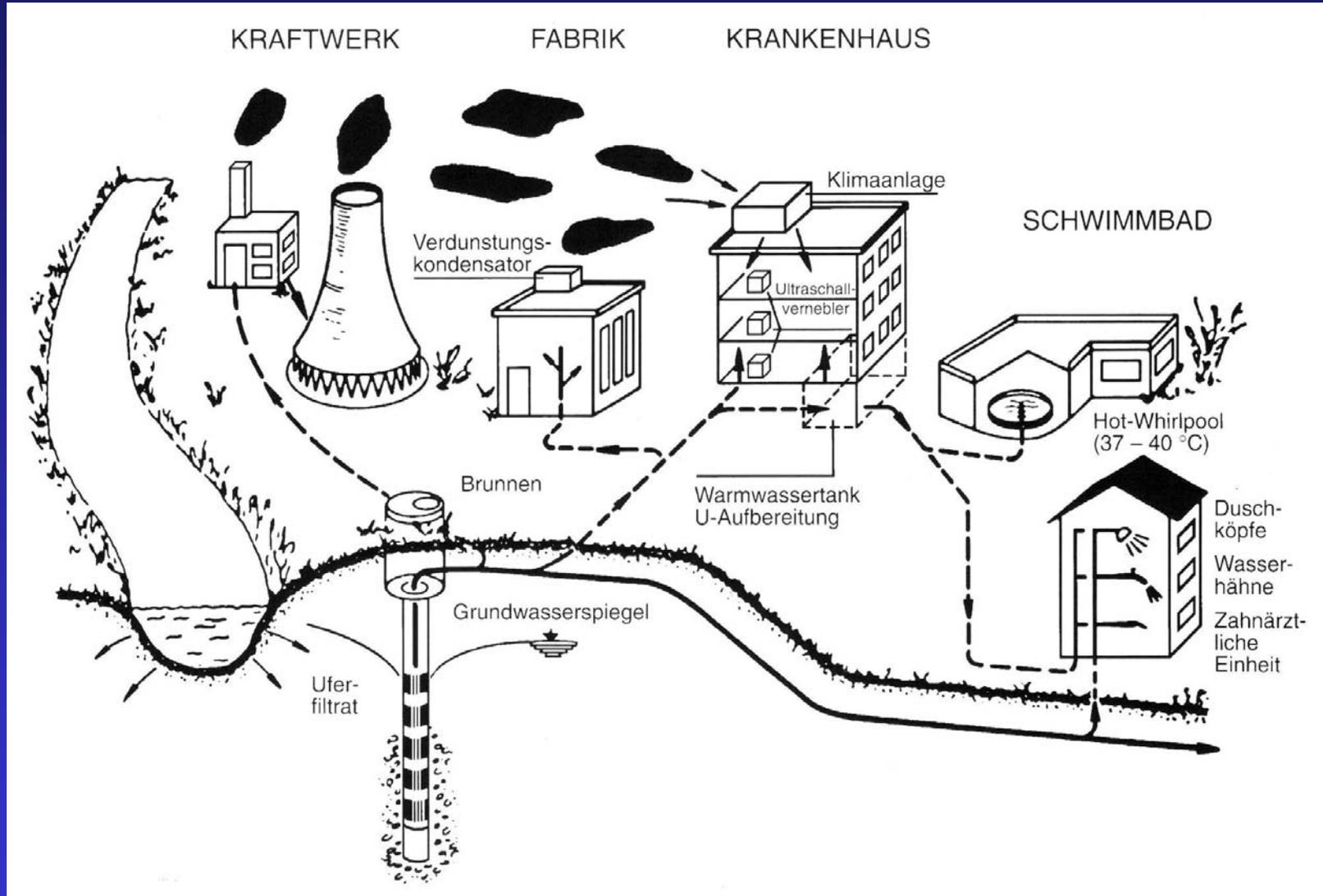
\* Primarily from contact with highly contaminated surface waters.

Figure 7.1 Transmission pathways for and examples of water-related pathogens

## WHO-Guidelines for Drinking Water Quality 2004



Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn



Exner 1986



**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**

# WHO- Drinking Water Guideline 21. Septembre 2004

Hospitals, nursing care homes, other health care facilities, schools, hotels and some other large buildings are high-risk environments, because of both the complex nature of their drinking-water systems and the sensitivities of their occupants. Requirements similar to those outlined above for other large buildings apply, but heightened vigilance in control measure monitoring and verification is generally justified.



# Water hygiene

Prevention		Health protection	Control	
Quality of structure and process	Quality assurance		Surveillance	Incident and Outbreak Management
<ul style="list-style-type: none"> <li>• conservation of water resources</li> <li>• catchment areas</li> <li>• quality of raw water</li> <li>• water treatment</li> <li>• disinfection</li> <li>• distribution network</li> <li>• plumbing system</li> <li>• water outlet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• risk analysis (HACCP)</li> <li>• investigation of water quality</li> <li>• indicators of water quality</li> <li>• standard methods</li> <li>• responsibility</li> <li>• education</li> <li>• training</li> <li>• research</li> <li>• standards</li> <li>• legislation</li> </ul>	<p>by availability of water in quantity and quality with special regard to waterborne pathogens for the</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• public including the ill and immuno-suppressed people</li> <li>• food preparation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• collection of data and analysis</li> <li>• early-warning systems</li> <li>• management of data</li> <li>• responsibility</li> <li>• education</li> <li>• training</li> <li>• legislation</li> <li>• information of the public</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• contingency plans for response systems</li> <li>• capacity to respond and to investigate the causes</li> <li>• documentation and information system</li> <li>• lessons for the future (to prevent incidents and outbreaks)</li> </ul>



## Risk of disease

number of microbes x virulence factor of microbes

---

specific immunological status or disposition of host

Edberg, S.C.



# Trinkwasserverordnung 2001

## § 5

### Mikrobiologische Anforderungen

- (1) Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen Krankheitserreger entsprechend § 2 Nr. 1 des Infektionsschutzgesetzes nicht in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.



# Trinkwasserverordnung 2001

## §5 (2)

Im Wasser für den menschlichen Gebrauch dürfen die in Anlage 1, Teil 1 festgesetzten Grenzwerte für mikrobiologische Parameter nicht überschritten werden.



## Mikrobiolg. Parameter

- Koloniezahl - bei 22°C

## Grenzwert

100/ml

## Bemerkung

Verfahren nach  
TrinkwV a.F.

- bei 36°C

100/ml

Verfahren nach  
TrinkwV a.F.

- Coliforme Bakterien

0/100 ml

- E. coli

0/100 ml



### Mikrobiologische Parameter

#### Teil I:

#### Allgemeine Anforderungen an Wasser für den menschlichen Gebrauch

Lfd.Nr.	Parameter	Grenzwert (Anzahl/100 mL)
1	Escherichia coli (E. coli)	0
2	Enterokokken	0
3	Coliforme Bakterien	0

#### Teil II:

#### Anforderungen an Wasser für den menschlichen Gebrauch, das zur Abfüllung in Flaschen oder sonstige Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist.

Lfd.Nr.	Parameter	Grenzwert
1	Escherichia coli (E. coli)	0/250 mL
2	Enterokokken	0/250 mL
3	Pseudomonas aeruginosa	0/250 mL
4	Koloniezahl bei 22 °C	100/mL
5	Koloniezahl bei 36 °C	20/mL
6	Coliforme Bakterien	0/250 mL



## Einzelbegründungen

### **Zu Absatz 3:**

Für Wasser für den menschlichen Gebrauch, das in Flaschen oder sonstige Behältnisse abgefüllt wird, sind die in Anlage 1 Teil II festgesetzten Grenzwerte einzuhalten.

*Pseudomonas aeruginosa* ist ein Erreger, der Erkrankungen z.B. durch Kontamination von Lebensmitteln und Badewasser sowie durch mangelnde Hygiene im Krankenhaus auslösen kann und im Gegensatz zu *E. coli* oder Enterokokken im Wasser gut vermehrungsfähig ist. Als Parameter für die Beurteilung der Qualität von in Behältnisse abgefülltem Wasser eignet sich *Pseudomonas aeruginosa* deshalb besonders gut, weil der Keim sich bevorzugt im Bereich von Leitungsendstrecken und an der Wand von Trinkwasserbehältern ausbreitet.

# Amtliche Begründung zur TrinkwV 2001



**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**

# Trinkwasserverordnung 2001

## § 5 Mikrobiologische Anforderungen

(4) Soweit der Unternehmer und der sonstige Inhaber einer Wasserversorgungs- oder Wassergewinnungsanlage oder ein von ihnen Beauftragter hinsichtlich mikrobieller Belastung des Rohwassers Tatsachen feststellen, die zum Auftreten einer übertragbaren Krankheit führen können oder annehmen, dass solche Tatsachen vorliegen, muss eine Aufbereitung, erforderlichenfalls unter Einschluss einer Desinfektion, nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfolgen.



# Trinkwasserverordnung 2001

§ 20 - Anordnungen des Gesundheitsamtes

(1) ... kann das Gesundheitsamt anordnen, ... die Untersuchungen auszudehnen oder ausdehnen zu lassen...,

a) ob, insbesondere Salmonella spec., Pseudomonas aeruginosa, Legionella spec., Campylobacter spec., enteropathogene E. coli, Cryptosporidium parvum, Giardia lamblia, Coliphagen oder enteropathogene Viren in Konzentrationen im Wasser enthalten sind, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.



Anlage 1

**Grenzwerte mikrobiologischer Parameter in Abhängigkeit von der Art der Wasserversorgungsanlagen nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird**

Art der Einrichtung der Wasserversorgungsanlagen	Ort der Entnahme	Parameter/Grenzwert*			
		Koloniezahl bei 22°C/ KBE/ml	Koloniezahl bei 36°C/ KBE/ml	Coliforme Bakterien/ KBE/100ml	Pseudomonas aeruginosa/ KBE/100ml
Krankenhäuser sowie andere medizinische Einrichtungen und Pflege-Einrichtungen entspr. 2.1 – 2.3	Übergabestelle + peripher entlegene Entnahmestelle	100	100	0	0
Übrige Wasserversorgungsanlage nach § 3 Nr. 2 Buchstabe c, aus denen Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt wird	Übergabestelle + peripher entlegene Entnahmestelle	100	100	0	-

\*Für die Parameter Koloniezahl bei 22°C, Koloniezahl bei 36°C und coliforme Bakterien gelten die Grenzwerte/Anforderungen der TrinkwV 2001



## ANNEXE 4

### Typologie des différentes catégories d'eau

Tableau 22 : paramètres prioritaires à surveiller, en fonction des risques identifiés, dans le cadre de la surveillance prévue par l'article R1321-23 du code de la santé publique

Catégories d'eau	Niveau	Paramètres microbiologiques						
		Flore aérobie revivifiable à 22°C	Flore aérobie revivifiable à 36°C	Coliformes totaux	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Endotoxines
Q.1.1 a Eau d'entrée	Niveau cible	100 UFC/ml	10 UFC/ml	<1 UFC/100ml				
Q.1.1 b Eau aux points d'usage	Niveau cible	Pas de variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle		<1 UFC/100ml	<1 UFC/100ml			
Q.1.2 Eau pour soins standards	Niveau cible	≤ 100 UFC/ml	≤ 10 UFC/ml	<1 UFC/100ml	<1 UFC/100ml			
Q.2.1 Eau bactériologiquement maîtrisée	Niveau cible	≤ 1 UFC/100ml			<1 UFC/100ml			
	Niveau d'action	≥ 10 UFC/100ml			≥ 1 UFC/100ml			
Q.2.2 Eau chaude	Niveau cible					< 10 <sup>3</sup> UFC/l		
	Niveau d'alerte					10 <sup>3</sup> UFC/l		
	Niveau d'action					10 <sup>4</sup> UFC/l		
Q.2.3 Eau des piscines de rééducation *	Niveau exigé		< 100 UFC/ml	≤ 1 UFC/100ml	≤ 1 UFC/100ml		≤ 1 UFC/100ml	
Q.2.4 Eau des bains à remous et des douches à jets *	Niveau exigé		< 100 UFC/ml	≤ 1 UFC/100ml	≤ 1 UFC/100ml	≤ 50 UFC/l	≤ 1 UFC/100ml	
Q.2.5 Eaux pour hémodialyse Hémodialyse conventionnelle	Niveau exigé	< 100 UFC/ml						< 0,25 UI/ml
	Hémofiltration et hémofiltration en ligne	Niveau exigé	< 100 UFC/l					< 0,25 UI/ml
Q.2.6 Eau purifiée	Niveau exigé	≤ 100 UFC/ml						< 0,25 UI/ml
Q.2.7 Eau hautement purifiée	Niveau exigé	≤ 10 UFC/100ml						
Q.2.8 Eau des fontaines à usage de boisson	Niveau cible	Pas de variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle		<1 UFC/100ml	<1 UFC/100ml			

\* Ces valeurs doivent être respectées le matin avant l'accès des patients. En présence de patients, une tolérance est admise dans l'interprétation des niveaux microbiens.

L'eau dans les établissements de santé, guide technique, ministère de santé, France, 2004



**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**

# Empfehlungen der WHO zu Flughäfen und Hygiene

Anforderungen der WHO an Flughafenhygiene (nach Guidelines for Drinking Water Quality 3rd Edition)

- Die verantwortlichen Flughafenbehörden sind verantwortlich für sicheres Trinkwasser, einschließlich des Monitorings, bis das Wasser an den Flugzeugbetreiber transferriert ist.



# Empfehlungen der WHO zu Flughäfen und Hygiene

Monitoring schließt ein

- Qualität des verwendeten Wasser
- Zustand von Hydranten, Wasserentnahmestellen
- Desinfektionsmittelkonzentration und pH-Wert
- Filter
- mikrobielle Qualität des Wassers, insbesondere nach Instandsetzungsarbeiten



# Flughafenhygiene-Management

- Selbst wenn Trinkwasser verwendet wird, müssen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, um Kontaminationen während des Transportes des Wassers in das Flugzeug sicherzustellen.
- Alle wasserversorgenden Vehikel müssen gereinigt u. desinfiziert werden.
- Water Safety Plans
- geeignetes Training für Mitarbeiter
- Zertifizierung der Materialien, die in Tanks u. Wasserleitungen verwendet werden



# Flughafenhygiene

## Surveillance

- unabhängige Surveillance als essentielles Element zur Sicherstellung von Trinkwassersicherheit
- periodische Auditierung
- Überprüfung und Anpassung der Water Safety Plans
- Berücksichtigung des „Guide to Hygiene and Sanitation in Aviation“



# Flughafenhygiene-Workshop 2004 der Stadt Frankfurt/Main

**Die Bedeutung des Parameters  
*Pseudomonas aeruginosa* in der  
Trinkwasserhygiene u. speziell in  
mobilen Wohnungsanlagen**

**Vielen Dank !**

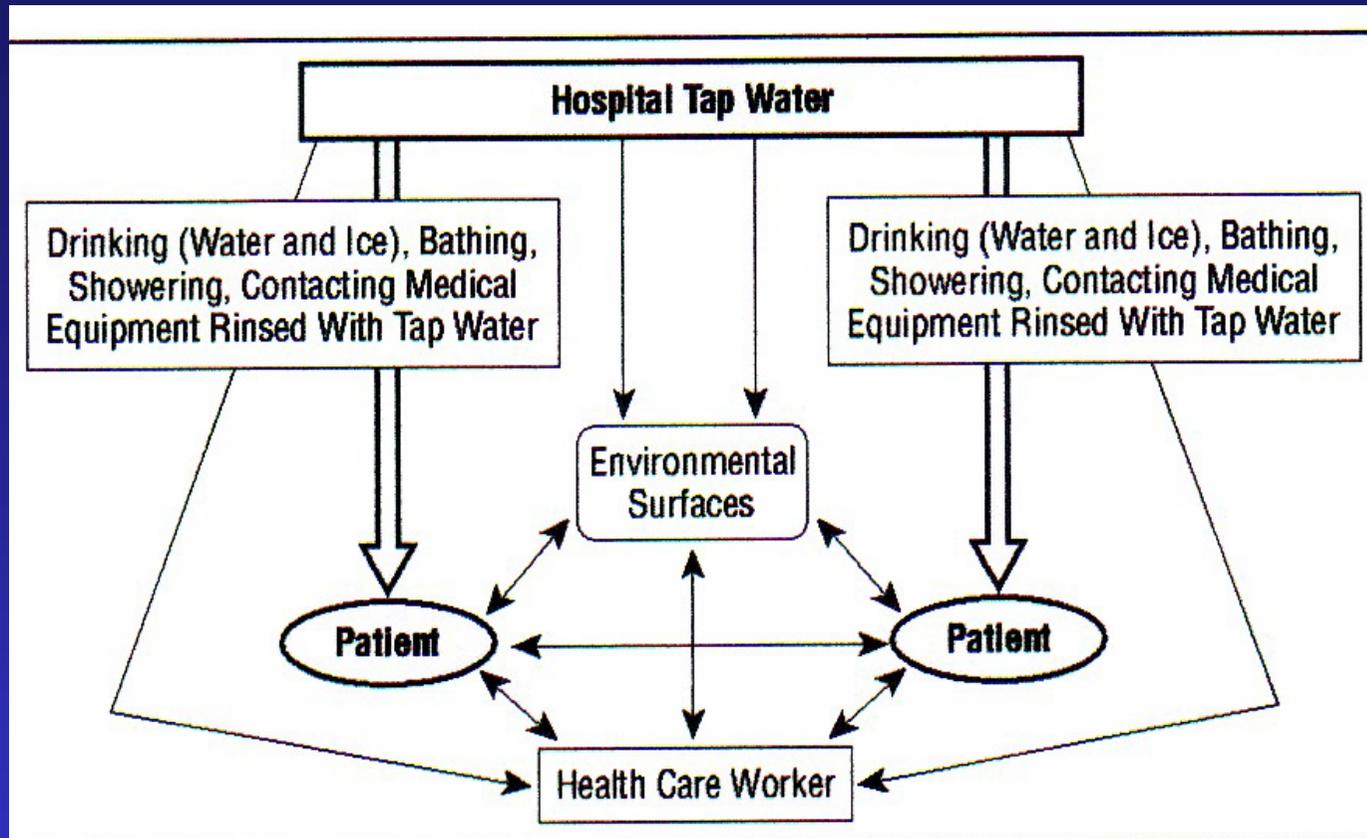


**Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit  
der Universität Bonn**

**Table 18. Other Gram-Negative Bacteria Associated with Water and Moist Environments**

<b>Implicated Environmental Vehicle</b>	<b>References</b>
<b><i>Burkholderia cepacia</i></b>	
Distilled water	505
Contaminated solutions and disinfectants	506, 507
Dialysis machines	505
Nebulizers	508 - 510
Water baths	511
Intrinsically-contaminated mouthwash	512
Ventilator temperature probes	513
<b><i>Stenotrophomonas maltophilia, Spingomonas spp.</i></b>	
Distilled water	514, 515
Contaminated solutions and disinfectants	507
Dialysis machines	505
Nebulizers	508 - 510
Water	516
Ventilator temperature probes	517
<b><i>Ralstonia pickettii</i></b>	
Fentanyl solutions	518
Chlorhexidine	519
Distilled water	519
Contaminated respiratory therapy solution	519, 520
<b><i>Serratia marcescens</i></b>	
Potable water	521
Contaminated antiseptics - benzalkonium chloride, chlorhexidine	522 - 524
Contaminated disinfectants - quaternary ammonium compounds	525, 526
Contaminated disinfectants - glutaraldehyde	525, 526
<b><i>Acinetobacter spp.</i></b>	
Medical equipment that collects moisture - mechanical ventilators, cool mist humidifiers, vaporizers, mist tents	527 - 534
Room humidifiers	531, 533
Environmental surfaces	535 - 542
<b><i>Enterobacter spp.</i></b>	
Humidifier water	543
Intravenous fluids	544 - 556
Unsterilized cotton swabs	551
Ventilators	543, 547
Rubber piping on a suctioning machine	543, 547
Blood gas analyzers	548





Transmission of waterborne pathogens in the hospital setting. Thick arrows indicate routes of transmission that are the subject of this review; thin arrows, other possible routes of transmission that are not included in this review.



# Pseudomonas aeruginosa

1. Charakterisierung: gramnegatives Bakterium mit hoher Anpassungslosigkeit und hoher natürlicher Antibiotikaresistenz
2. Reservoir: aquatische Biotope, Wasserhähne, Perlatoren, Reinigungslösungen, Whirl-Pools, Badewasser, neu verlegte Rohrleitungen
3. Umweltverhalten: hohes Persistenzvermögen über Jahre in wasserführenden Systemen
4. Aufnahme: Kontakt, Haut, Wunden, Gehörgang, hohes Risiko bei Vorliegen von Kathetersystemen



# Pseudomonas aeruginosa

5. Infektionsdosis: ?
6. Inkubation: bei Inokulation innerhalb von Stunden
7. Klinik: Lungenentzündung bei Beatmung, postoperative Wundinfektion, Infektion von Verbrennungswunden, Sepsis, Otitis externa (hauptsächlich bei Schwimmern)
8. Therapie: Antibiotika
9. Meldepflicht: keine  
bei gehäuftem Auftreten von nosokomialen Infektionen,  
(§ 6 IfSG (3) )



# Pseudomonas aeruginosa

## Wasserhygienisch relevante Aspekte

Tenazität: hoch, lange Persistenz, Chlorresistenz durch Biofilmbildung

Wasserbedingte Ausbrüche: als nosokomiale Ausbrüche, als Badewasser-bedingte Ausbrüche (Otitis externa, Folliculitis)

Ursachen: unzureichende Desinfektionsmittelkonzentration



# Pseudomonas aeruginosa

Hygienisch-mikrobiologische Untersuchung

- keine Korrelation zu Koloniezahl, E. coli, Coliformen
- nach Trinkwasserverordnung nur bei Wasser zur Abfüllung in Flaschen und sonstigen Behältnissen
- Mitteilung der Trinkwasser-Kommission, bei Nachweis im Rahmen der Trinkwasserverordnung Mitteilungspflicht

