

# Neue Erkenntnisse über Legionellen

Teil 1

**Legionellen sind ein wichtiges Infektionsproblem. Es ist erforderlich, alle möglichen Maßnahmen zu ergreifen, die eine Verminderung der Bakterien bewirken. Bei Messungen fand man eine hohe Kontamination im Wasserbereich und eine starke Besiedelung in aerosolführenden Leitungen, aber**

**auch in Warmwasserinstallationen, Warmwasserbereiter, Whirlpools, in halboffenen Rückkühlwerken technischer und raumlufttechnischer Anlagen; also in der mit Wasser in Berührung kommenden technischen Umwelt des Menschen.**

Prof. Heinz H. Baumann \*)

Wassers in Badeanlagen und Hydrotherapie-Einrichtungen.

Unter dem Lichtmikroskop erscheinen die Legionellen als kleine Punkte oder Striche. Unter dem Rasterelektronenmikroskop werden sie immerhin in genügend großer Abbildung dargestellt, aber in abgestorbenem Zustand.

Eine gezielte antibiotische Therapie im Krankenhaus ist nur nach einer entspre-

chenden Resistenzbestimmung durch Anzucht des ätiologisch relevanten Keims möglich. Dieser Test dauert etwa sechs Tage, in denen das Schicksal des Patienten aber schon entschieden sein kann.

Es wäre schuldhaft fahrlässig, sich nur darauf zu verlassen, daß es genüge, auf erkennbare Mängel hinzuweisen, aber neue Wege, gleich aus welchem Grunde, skeptisch zu vernachlässigen.

Erst in jüngster Zeit ermöglichte eine neue apparative Konstruktion, neue Erkenntnisse auch über das Verhalten von

Legionellen sind überall im Wasser verbreitet, sind also ubiquitär, vermehren sich ohne besondere Ansprüche an ihren Standort und sind als Legionella pneumophila Verursacher von schwerverlaufenden, unspezifischen Lungenentzündungen, die sporadisch oder epidemisch auftreten. Jährlich erkranken in der Bundesrepublik, nach einer Inkubationszeit von 2 bis 10 Tagen, nahezu 7 500 Menschen; ca. 20% sterben. Die beiden letzten Epidemien beobachtete man 1987 in Wollongong, Australien, und 1988 in London.

Legionellen und Legionellose fallen, ohne geforderte Meldepflicht, unter das Bundesseuchengesetz. In einem UNO-Katalog unter Biowaffen.

Eine zweite Verlaufsform der Erkrankung durch Legionellen wird als Pontiac-Fieber bezeichnet und führt zu grippeähnlichen Symptomen mit Fieber, Muskel- und Kopfschmerzen. Die unterschiedlich auftretenden Beschwerden sind in Tabelle 1 gegenübergestellt.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) veröffentlichte 1986 Aspekte zur umwelthygienischen Kontrolle von Legionellose mit dem Ziel, die Methoden zu ihrer quantitativen Bestimmung zu verbessern, ihr Vorkommen zu beobachten und ihr pathogenes Potential zu werten. Alle Maßnahmen seien so zu treffen, daß ihre Vermehrung ausgeschlossen werden soll.

Das Bundesgesundheitsamt erließ Empfehlungen zur Verminderung des Legionellen-Infektionsrisikos und stellte Anforderungen an die Beschaffenheit des

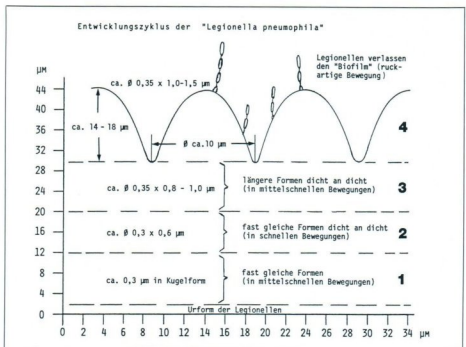


Tabelle 1: Die Entwicklungsstufen der Legionella pneumophila und ihre veränderbaren Größenverhältnisse.

\*) Polymer Technologies, Inc. der Universität Detroit-Mercy.

Legionellen in ihrem natürlichen Lebensraum zu gewinnen. Ein weiterentwickeltes Lichtmikroskop verfügt über folgende Eigenschaften:

- Konfokaltechnik
- räumliche Darstellung
- variable Tiefenschärfe
- starke Vergrößerung
- hohe Auflösung
- Farbkontrast.

Es kann mit Trockenobjektiven gearbeitet werden und mit größeren Arbeitsabständen; dies führt zu schnelleren Versuchsergebnissen und natürlich auch zur Verringerung der bei den Experimenten anfallenden Kosten.

Alle Lebendpräparate werden in einer neuartigen, geschlossenen Spezialkammer untersucht, beobachtet, vermessen, fotografiert und auf Video-Band dokumentiert. Die Entwicklung der Legionellen-Bakterien ist aus Tabelle 2 ersichtlich.

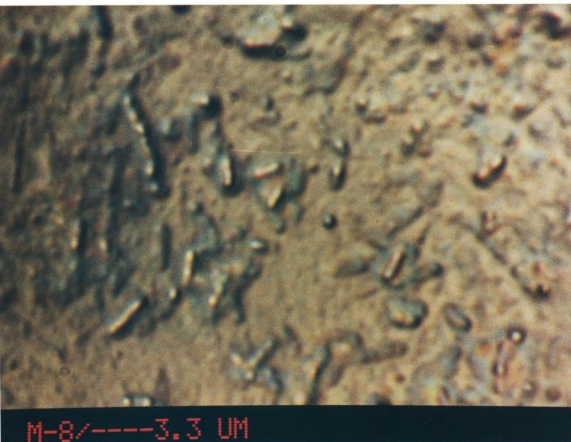
Die folgenden Beobachtungen werden vorgestellt und stehen damit zur Diskussion:

- Alle Rohrleitungen, gleich welchen Materials, seien sie aus Eisen, Kupfer, Kunststoffe, Keramik und sogar Glas, gehören zum Siedlungsraum der Legionella pneumophila.

Klinische Symptome der Legionellen-Infektionen		
Kriterien	Legionärskrankheit	Pontiac-Fieber
Erkrankungsquote	1 - 5 Prozent	95 Prozent
Inkubationszeit	2 - 10 Tage	1 - 2 Tage
Initialsymptome	Unwohlsein, Kopfschmerz, Frösteln, Muskelschmerz, trockener Husten, wenig oder kein Auswurf	Unwohlsein, Kopfschmerz, Frösteln, Muskelschmerz, trockener Husten, wenig oder kein Auswurf
Akuter Verlauf	Fieber 39 - 41 °C, Schüttelfrost, Brustschmerzen mit Atemnot, Leibschmerzen, Durchfall, Verwirrtheit	Fieber, Brustschmerz, Verwirrheitszustände
Lungenerkrankung	Lungentzündung, Pleura-Erguß	Brustfellentzündung, keine Lungentzündung
Organbeteiligung	Niere, Leber, Magen, Darm, Nervensystem	keine
Infauster Verlauf	nach 4 - 6 Tagen Verschlechterung des Allgemeinzustandes, Tod durch Atemversagen oder Schock	keine
Tödlicher Verlauf	15 - 20 Prozent	keine

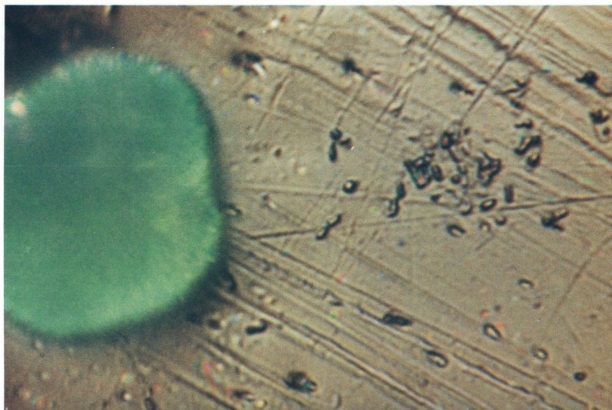
- Sie haften auf einem Biofilm, auf dem sie sich entwickeln und vermehren.
- Die Vertiefungen der Rohrrinnenflächen werden bevorzugt besiedelt. Selbst durch vermehrten Wasserauslauf lassen sie sich nicht ausspülen (Bild 1).
- Überlebensfähig sind die Legionellen zwischen minus 70 °C und plus 60 °C.
- Die Legionellen überleben noch in

**Tabelle 2:**  
Der unterschiedliche Krankheitsverlauf bei der Legionärskrankheit und dem Pontiac-Fieber.



**Bild 1:**  
In den Vertiefungen der Rohrrinnenflächen siedeln und vermehren sich die Legionellen und werden auch durch stark fließendes Wasser nicht ausgespült. (Vergrößerung 4700 x)

**Bild 2:** Auf einer relativ glatten, mit toxischen Verbindungen behandelten Oberfläche bilden die Legionellen nicht den flächenhaften Biofilm, sondern eine pilzförmige biogene Masse. Sie verhindert den Kontakt der Legionellenbrut mit der toxisch wirkenden Oberfläche.  
(Vergrößerung 3400 x)

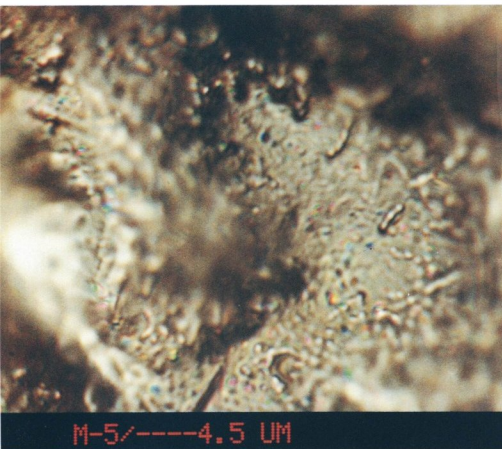


B-13/---4.5 UM

**Bild 3:** Ausgewachsene Legionellen, zum Teil in Gruppenkontakt. In der Bildmitte erkennt man eine Legionellenkette.  
(Vergrößerung 3400 x)



B-13/---4.5 UM



**Bild 4:** Auf einer mittelrauen Rohrrinnenfläche bilden sich, in einem Feuchtraumklima, die verschiedenen Entwicklungsstufen der Legionellen: Kugel-, Normal- und Fadenformen mit Granulationskernen. (Vergrößerung 3400 x)

feinsten Aerosolen mit einem Durchmesser von drei  $\mu\text{m}$  und überstehen auch ein kurzfristiges Austrocknen. Die minus  $70^\circ\text{C}$  wurden mit flüssigem Stickstoff eingestellt. Ein mit Bakterien versetzter Wassertropfen lagerte acht Monate bei einer Temperatur von minus  $8^\circ\text{C}$ . Nach seinem Auftauen blieben die Legionellen zunächst noch kurze Zeit auf dem Biofilm, gewannen dann aber zunehmend an Beweglichkeit und wanderten schließlich in die sie umgebende wässrige Lösung.

- Das optimale Wachstum der Legionellen vollzieht sich in dem pH-Wert von 6,9, also fast im Neutralbereich.
- Die Bakterien verdoppeln sich in etwa vier Stunden bei einer Temperatur von plus  $30^\circ\text{C}$ .
- Das Geschick der Bakterie, ihre Strukturen zu verändern, überrascht immer wieder und bedarf weiterer Untersuchungen. Behandelt man beispielsweise eine Rohrrinnenfläche mit einer toxisch wirksamen Substanz, verändert die Legionellenkultur den Biofilm und formt daraus eine neue pilzartige biogene Masse, welche die Legionellenbrut vor dem Kontakt

mit der toxisch wirkenden Oberfläche schützt (Bild 2). Die Bakterien lagern sich in Gruppen zusammen, bilden Kugeln, Ketten und Fäden mit Granulationskernen. Wie es scheint, sind sie auch befähigt, Hüllen zu bilden, oder deren Bildung zu beeinflussen (Bilder 2 und 3).

- Die bereits erwähnte Spezialkammer läßt sich bei laufenden Versuchen beimpfen und beheizen. Die Annahme, daß Personen mit einem geschädigten Immunsystem anfälliger für eine Legionellose-Infektion sind als solche mit einem abwehrbereiten, bestätigten folgende Versuche: Das Blut eines gesunden Menschen mit der Bakterie *Legionella pneumophila* in vitro beimpft zeigte deutlich, daß der intakte Abwehrmechanismus die Legionellen zu eliminieren in der Lage war. Dagegen drangen sie bei einem an Krebs erkrankten Patienten in die weißen Blutkörperchen, vermehrten sich in ihnen, verformten sie schließlich zu einer Kugel, die plötzlich aufbrach und wie eine Eruption ihren lebenden Inhalt ausstieß.

Verständlicherweise sind noch nicht alle Fragen befriedigend zu beantworten,

neue Fragen stellten sich und werfen weitere Probleme auf. Sie lassen sich in Kooperation mit den auf diesem Gebiet tätigen Forschern bzw. Fachleuten und mit praktischen Erfahrungen leichter lösen.

Angestellte Versuche zur Lösung der durch Legionellen verursachten hygienischen Probleme sind in Kürze abgeschlossen.

## Teil 2

Die Aufklärung der Legionellose ist eine wissenschaftliche, medizinische und technische Herausforderung; noch immer ist nicht geklärt, wie viele Menschen tatsächlich daran erkranken und sterben. Die erwiesene Letalität ist mit 15 bis 20% verhältnismäßig hoch<sup>1)</sup>. Auch wissen wir nicht, wie viele Legionellen z.B. im Duschwasser eines Bades noch ungefährlich sind: 1000, 10000 oder 1000000 pro Liter?

Eines steht aber fest, der Kontakt mit Legionellen ist nicht auszuschließen, es sei denn, wir wären bereit auf zivilisatorische Annehmlichkeiten des täglichen Lebens, wie z. B. Raumklimatisierung oder Warmwasserversorgung, zu verzichten.

Auf den mit Legionellen besiedelten Substraten verdoppelt sich die Population innerhalb von vier Stunden in einem Temperaturbereich von 30 bis  $35^\circ\text{C}$  und bei einem pH-Wert des Wassers von 5 bis 6,9.

Die Entwicklung der Legionellen durchläuft acht visuell unterscheidbare Stufen, wie sich aus der früheren Untersuchung ergab. In der ersten Phase entwickeln sich kleine Kugelformen mit einem Durchmesser von  $0,3 \mu\text{m}$ .

Erst in der vierten Stufe bilden sich Geißeln aus, die den Legionellen ihre Eigenbeweglichkeit verleihen.

Auch konnte die Frage geklärt werden, wie sich Legionellen von anderen Bakterien unter dem Mikroskop unterscheiden:

- unabhängig von ihrer Länge beträgt der Durchmesser im Gegensatz zu anderen Bakterien ca.  $0,4 \mu\text{m}$ ,

- die Schwebbewegung der Legionellen ist für sie charakteristisch und langsamer als bei anderen Bakterien,

<sup>1)</sup> Im September 1991 erkrankten in dem südspanischen Touristenort Almuñécar 25 Personen an einer Legionellose.

- in unpolarisiertem Licht ist die Färbung der Legionellen hellgrau und unterscheidet sich damit vom dunkelblauen bis violetten Farbton anderer Bakterien,
- im Gegensatz zu anderen Bakterienkulturen reagieren Legionellen nicht mit einer hohen Vermehrungsrate bei Zusatz eines Gemisches aus physiologischer Kochsalzlösung (0,9 Gew.-%) und Glukoselösung (0,5 Gew.-%).

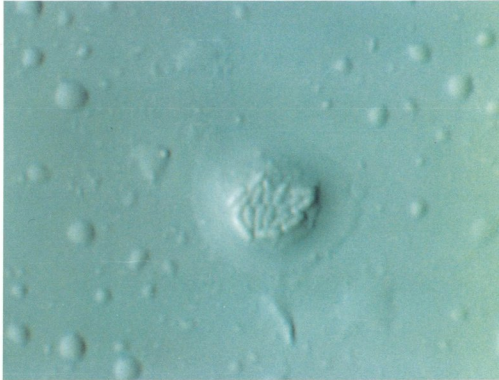
Im menschlichen Organismus vermehren sich Legionellen in den Makrophagen, die für die Beseitigung der in den Körper eingedrungenen Fremdorganismen wie Bakterien oder geschädigte und abgestorbene Körperzellen verantwortlich sind. Sie erkennen Legionellen nicht als körperfremdes Protein. Sie werden nicht verdaut und entziehen sich während ihrer Vermehrung in den Makrophagen anderen immunologischen Abwehrmechanismen. Schließlich platzt die Makrophagenzelle auf, und die neuen Legionellen befallen die nun vom Körper verstärkt zur Abwehr gebildeten Makrophagen, so daß die Anzahl potentieller Wirtszellen zunimmt.

Noch ungeklärt ist bisher, welche Immunreaktionen die Infektion durch Legionellen unterdrücken. Auch ist nicht gesichert, ob alle der beobachteten Legionellenformen das Krankheitsbild einer Legionellose hervorrufen. Es könnte durch eine der zahlreichen Formen, es gibt 35 verschiedene Legionellenarten mit 53 Untergruppen, oder ein bestimmtes Entwicklungsstadium hervorgerufen werden.

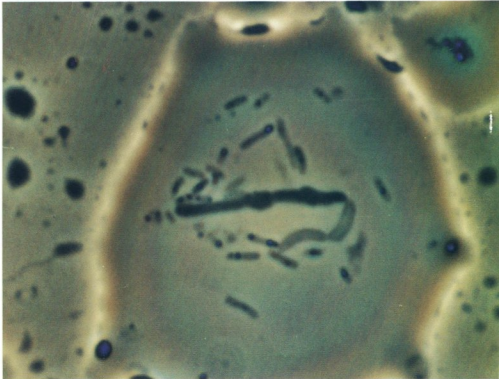
Eine Infektion erfolgt nach bisherigen Erkenntnissen vorzugsweise durch Einatmen legionellenhaltiger Aerosole, die ab einem Tröpfchendurchmesser von  $5\ \mu\text{m}$  und darunter uneingeschränkt lungengängig sind (Bild 1). Es besteht u.a. wahrscheinlich eine Konzentrationsschwelle, die für den Krankheitsausbruch maßgeblich ist. Daher liegt als erste vorbeugende Maßnahme nahe, die Bildung infektiöser Aerosole zu verhindern.

Die vielfach bei den zuständigen Behörden anzutreffende Ansicht, dies sei durch teilweises Auswechseln der Rohrleitungen oder einer Spüldesinfektion zu erreichen, führt nicht zu einer Lösung des Problems. Es wird nur eine kurzfristige Beseitigung der Legionellen erreicht. Die Besiedelung von Teilen der Rohrwandungen wird langfristig mit Sicherheit wieder eintreten.

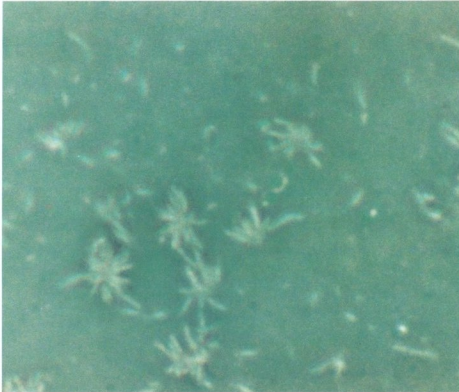
Zu Recht kann man allerdings manchen administrativen Beitrag zum Legionellenproblem mehr irreführend als hilfreich fin-



**Bild 1:** In der Bildmitte befindet sich eine Ansammlung von Legionellen in einem Wassertropfen von  $5\ \mu\text{m}$  Durchmesser. Ab  $5\ \mu\text{m}$  und darunter sind die Aerosole voll lungengängig. (Vergrößerung 3750fach).



**Bild 2:** Lebendkultur von Legionellen in verschiedenen Entwicklungsstadien. Die Vakuolen sind in den einzelnen Legionellen als kleine Punkte erkennbar. (Vergrößerung 3750fach).



**Bild 3:** Eine Legionellenkultur, die sechzehn Monate in destilliertem Wasser bei 37°C luft- und wasserdicht gelagert wurde, überlebte unter Veränderung ihrer Morphologie zu eiskristallartigen Aggregaten. Vergleiche zum Unterschied Bild 2 (Vergrößerung 2091fach).



**Bild 4:** Es bilden sich auch paarweise zusammengelagerte, nicht schwimmfähige Formen in einer Legionellenkultur (Vergrößerung 2667fach).

den, wenn man als Maßstab den Erlaß des Ministeriums für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen zur Verminderung eines „Legionelleninfektionsrisikos“ nimmt<sup>2)</sup>. In ihm werden speziell Kunststoffrohre als potentiell gefährlich angesehen, denn

„... Kunststoffrohre dürfen in Wasserleitungen nur eingesetzt werden, wenn der Legionellenbesatz sich nicht erhöht. Den Nachweis für den Kaltwasser-/Warmwasserbereich muß der Hersteller erbringen.“

Diese direkte Unterstellung einer Gefährdung durch Kunststoffe mag vielleicht einer modischen Denkweise entspringen, ist aber für Fachleute völlig unverständlich, erst recht, wenn es sich „lediglich“ um einen „redaktionellen“ Irrtum handeln soll, weil man das Wort „Brauseschlauch“ durch „Kunststoffrohr“ ersetzt. Ob eine kurzfristige Änderung des Erlasses zu erwarten ist, kann angezweifelt werden.

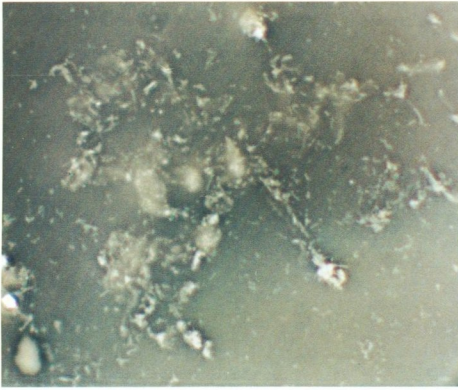
Kunststoffrohre (u. a. VPE, VPEc-, VPEc innen fluoriert) und Metallrohre (Kupfer, V2A), also verschiedene Rohrmaterialien, wurden in sterilen Gefäßen zwei, vier und sechs Wochen mit einer Legionellensuspension der „Legionella pneumophila, Serogruppe I, (Stamm Philadelphia 1)“ bei 37°C inkubiert. Zu Beginn einer jeden Versuchsreihe und bei Beendigung wurde die Bakterienzahl quantitativ bestimmt. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Art der inkubierten Materialprobe und der ermittelten Keimzahl ließ sich nicht feststellen. Die Keimzahl blieb vielmehr, unabhängig von der eingesetzten Probe, konstant. Mikroskopische Paralleluntersuchungen bestätigten, daß ein direkter Zusammenhang zwischen Materialproben und Populationsdichte der Legionellen nicht besteht.

Die abschließenden Untersuchungen ergaben ein fast völliges Absterben der Legionellenkulturen bei den Rohrproben VPE, VPEc, VPEc-Innenrohrfläche fluoriert, Kupfer und V2A-Material.

Als wachstumsfördernde Verbindungen für Legionellen werden in der Literatur lösliche Eisensalze, Kalium und die Aminosäure L-Cystein genannt; ohne sie soll kein Legionellenwachstum, besonders in künstlichen Nährböden, möglich sein.

Ohne Nährstoffe überlebte allerdings eine Legionellenkultur in destilliertem Wasser, die in einer luft- und wasserdicht

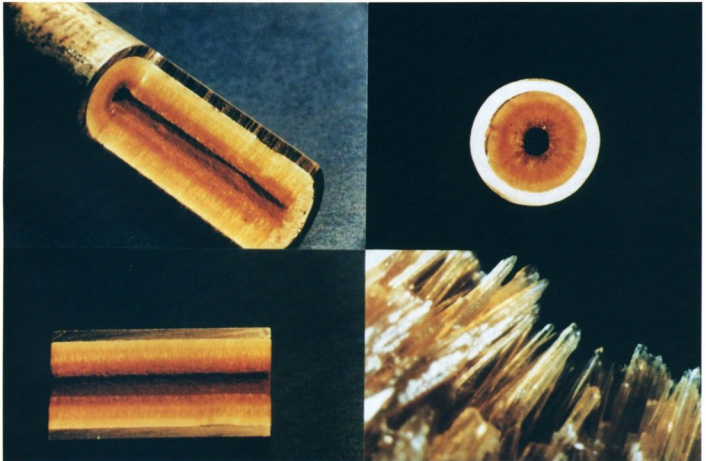
<sup>2)</sup> Aktenzeichen: III A4-B 1013-61-11 vom 5. August 1991.



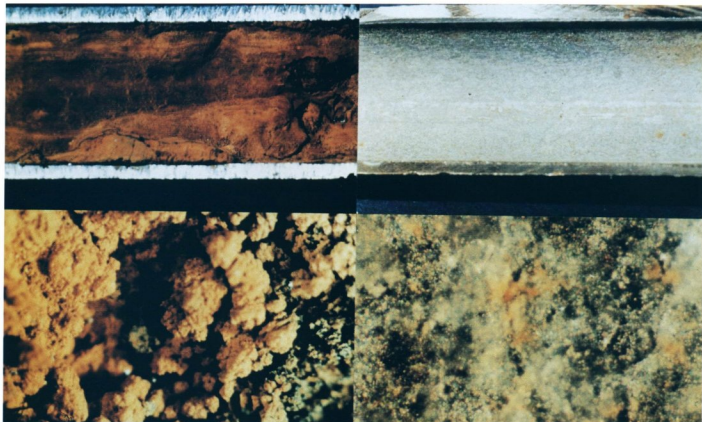
**Bild 5:** Nach zwanzigsekündiger Einwirkung eines biologisch abbaubaren Tensids platzen die Zellmembranen der ausgewachsenen Legionellen. Die vermutlich für die intrazelluläre Vermehrung der Legionellen verantwortlichen „Kügelchen“ bleiben jedoch resistent. Die Vermehrung der Legionellen beginnt nach einer Zeitverzögerung erneut (Vergrößerung 1067fach).

abgeschlossenen Kammer, die bei 37 °C ein Jahr und vier Monate lagerte. Die Legionellen blieben vermehrungsfähig, verbrauchten jedoch rd. 30% des destillierten Wassers. Allerdings hatte eine morphologische Änderung von Einzelindividuen zu „eiskristallartigen“ Aggregaten stattgefunden. Nicht mehr erkennbar waren die vorher in Einzelbakterien erkennbaren Vakuolen (Bilder 2 und 3). Diese Aggregation findet man auch in anderen einheitlichen Legionellenstämmen. Man erkennt nach längerer Beobachtungszeit paarweise zusammengelagerte, nicht schwimmfähige Formen (Bild 4).

Es sollte nun überprüft werden, ob die Legionellen durch geeignete Maßnahmen abzutöten sind oder so zu schädigen, daß sich nicht mehr krankheitsregierend wirken. Eine solche Wirkung ist von Bakteriostatika (bakterienhemmenden) oder Bakteriziden (Bakterien abtötenden Substanzen) zu erwarten. Jedoch sind diese in der erforderlichen Konzentration selbst gesundheitlich nicht unbedenklich, um sie einsetzen zu können. Auch ein periodisches Aufheizen der Wasserleitungen auf ca. 80 °C kann auf die Dauer durch Heißwasser oder Rohr-begleitheizung wegen des hohen Energieaufwandes keine Lösung darstellen.



**Bild 6:** Die Abbildungen links oben und links unten zeigen Längsausschnitte eines verzinkten Eisenrohres mit sehr starker Inkrustierung. Die Abbildung oben rechts zeigt den Rohrquerschnitt, der fast zu 95% durch Ablagerungen verschlossen ist. Die Abbildung unten rechts zeigt die zerklüfteten Strukturen an der Oberfläche, in denen die Legionellen optimale Bedingungen für ihre Entwicklung vorfinden (Vergrößerung 1fach, Abb. unten rechts 50fach).



**Bild 7:** Abb. oben links: Längsschnitt eines inkrustierten, verzinkten Eisenrohres mit Rostablagerungen und Verunreinigungen von Wasser im sauren Bereich. Abb. unten links: Ausschnittvergrößerung. Abb. oben rechts: gleiches Rohr aus Abb. oben links nach sechzehnmonatigem Einsatz einer Maitron-Anlage. Abb. unten rechts: Vergrößerung der sich gebildeten Rohrschutzschicht (Vergrößerungs rechts und links 1,5fach, unten links 50fach, unten rechts 480fach).

Ein Ansatz zum Abtöten der Legionellen schien ein kurzfristiges Spülen der Rohre mit einer Tensidlösung, einer oberflächenaktiven Substanz, die heute als wirksame Tenside auf Naturstoffbasis in biologisch gut abbaubaren Qualitäten verfügbar sind.

Unter der Einwirkung von Tensiden platzen schon nach zwanzigsekündiger Einwirkung die Zellmembranen der Legionellen (Bild 5). Die kugelförmigen Gebilde sind jedoch resistent. Da Legionellen sich nicht durch Zellteilung vermehren, scheint es, daß aus den Kugelformen eine intrazelluläre Vermehrung angenommen werden kann. Aus ihnen setzt nach einiger Zeitverzögerung wieder ein neues Wachstum der Legionellen ein. Ein als hoffnungsvoll angesehener Versuch zeigte sich im Endeffekt als wirkungslos.

Zur Einschränkung des Legionellenwachstums bleiben zur Zeit nur folgende Maßnahmen: Wasserchlorierung, entschlämmen und reinigen der Rohrsysteme und die thermische Behandlung. Auf die Vor- oder Nachteile kann in diesem Rahmen nicht eingegangen werden.

Es zeigte sich aber bei der mikroskopischen Langzeituntersuchung an Rohrsystemen, daß die gebildeten Kalkkrusten eine ideale Grundlage für die Biofilmbildung durch Legionellen sind. Durch Einwirkung magnetischer Felder aus dem Wasserstrom läßt sich die Krustenbildung verhindern und entfernen. Es entstehen äußerst feinteilige, nicht haftfähige Calcitkristalle. Diese werden ausgespült und selbst Kalkverkrustungen lösen sich auf, so daß sich die Besiedlung der Rohrleitungen mit Biofilmen verringert. Dieser Effekt, zugleich mit einer erheblichen Verringerung der gesamten Bakterienzahl verbunden, wurde in einem sechzehnmonatigen Dauerversuch beobachtet (Bilder 6 und 7).

Nach den Untersuchungsergebnissen kann der Einbau von elektrostatischen Anlagen zur Wasserbehandlung in Krankenhäusern, Schwimmbädern, Altenheimen und Wohnhäusern dazu beitragen, das Risiko, an einer Legionellose zu erkranken, zu verringern.

Als Nebeneffekt stellte man fest, daß im Haushalt die Waschmittel für die gleiche

Waschwirkung sparsamer dosiert werden können.

Die öffentliche Diskussion über die Wirksamkeit physikalisch wirksamer Wasseraufbereitungsanlagen ist rein akademisch. Es muß jede Methode, die sich zur Legionellenbekämpfung als wirksam erweisen könnte, ernsthaft untersucht werden<sup>3, 4)</sup>.

Durch die besondere Konstruktion des Olbrich-Ergonomas lassen sich das Bewegungs- und Vermehrungsverhalten der Legionellen über längere Zeiträume beobachten und mit einem Videosystem aufzeichnen und wiedergeben<sup>5)</sup>. Viele Eigenheiten der Legionellen sind noch nicht hinreichend geklärt und werden durch direkte mikroskopische Beobachtungen, ohne Präparation, fortgesetzt und lassen für viele Fragestellungen weitere wertvolle Ergebnisse erwarten. □

<sup>3)</sup> Grünbeck J., „Von Umdenken keine Spur“, IKZ-HAUSTECHNIK, Heft 20/91. Aussagen verschiedener Verbände, wie ZVSHK, DVGW, FIGAWA etc. bleiben unberücksichtigt.

<sup>4)</sup> Ergebnisse einer Auftragsüberprüfung des Maitron-Systems.

<sup>5)</sup> Mikroskopische Untersuchungen: Olbrich-Ergonom-400.

Bilder:  
Kurt Olbrich

Literatur:

- [1] Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Nr. 72 „Legionellen – Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problems“, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1987).
- [2] Schriften des Bundesgesundheitsamtes.

Prof. Heinz H. Baumann

Zeißbogen 63  
4300 Essen-Bredene  
Telefon: (0201) 420757

Kurt Olbrich

Institut für Interdisziplinäre Grundlagenforschung  
Hardtstraße 11, 6121 Mossautal-Hiltersklingen  
Telefon: (06062) 3282 · Telefax: (06062) 61360