

Legionellen II

Neue Beiträge zur Bewertung
eines hygienischen Problems

Herausgegeben von
K. Seidel



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1993

VEREIN FÜR WASSER-, BODEN- UND LUFTHYGIENE E.V.

Der 1902 gegründete gemeinnützige Verein für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene e.V. fördert das gleichnamige Institut des Bundesgesundheitsamtes.

Er tritt mit wissenschaftlichen Veranstaltungen auf den einschlägigen Gebieten der Umwelthygiene und der Gesundheitstechnik an die Öffentlichkeit.

Er gibt für seine Mitglieder die Schriftenreihe und die Literaturberichte über Wasser, Abwasser, Luft und feste Abfallstoffe heraus. Sie werden auch über den Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, vertrieben.

Geschäftsführender Vorstand:

Oberstadtdirektor Dr. Klaus Bussfeld, Gelsenkirchen
Dr. Fritz Bergmann, Essen
Direktor Dr.-Ing. Heinz Tessoroff, Berlin

Geschäftsführung:

Dipl.-Ing. Heiner Nobis-Wicherding,
Postfach 31 14 20, 10644 Berlin

Alle Rechte der Übersetzung vorbehalten

© Copyright 1993 by Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,
Berlin-Wilmersdorf
Printed in Germany
ISBN 3-437-30750-9

Herstellung: Regina-Druck / Gloria-Verlag, Hanshelmut Glökler,
Inh.: Michael Knüppelholz, Friedrichstr. 236, 10969 Berlin, Tel.: 030 / 251 10 03

Legionellen II

Neue Beiträge zur Bewertung
eines hygienischen Problems

Herausgegeben von
K. Seidel



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1993

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort.....	3
H. Lange-Asschenfeldt Eröffnung.....	5
W. Schumacher Zur Frage der Anwendung des Bundes-Seuchengesetzes.....	9
B. Ruf Klinik und Therapie der Legionella-Infektion	13
Ingeburg Horbach und F. J. Fehrenbach Diagnostik der Legionellose - aktueller Stand	23
P. Ch. Lück und J. H. Helbig Zur Epidemiologie der Legionellosen.....	41
D. G. Groothuis Niederländische Erfahrungen mit Legionellose-Ausbrüchen	59
I. D. Farrell und Elizabeth Holmes Überwachung und Kontrolle der Legionärskrankheit in England und Wales	69
H. Bechem Temperaturschichtungen und ihre Auswirkungen in Serien- speichern.....	83
H. Burger Gerätetechnische Voraussetzungen für hygienische Trinkwassererwärmung	99
M. Exner, G. J. Tuschewitzki, B. Langer, F. Wernicke und St. Pleischl Vorkommen und Bewertung von Legionellen in Krankenhäusern und anderen Großgebäuden.....	105
F. Tiefenbrunner Zum Vorkommen von Legionellen in Trinkwasserversorgungs- anlagen von Ein- und Zweifamilienhäusern	131
M. Jutte und D. Waider Das DVGW-Arbeitsblatt W 551	149
H.-G. Moll Andere technische Regeln und das Legionellenproblem.....	159

	Seite
W. Mathys, Doris Waschko-Dransmann, Elisabeth Junge und R. Krysch Reduzierung von Legionellen im Duschwasser von Hallenbädern - UV-Desinfektion als Alternative zur Temperaturerhöhung ?	163
R. Schulze-Röbbcke, Martina Rödder und M. Exner Anmerkungen zu den Vermehrungs- und Abtötungs- temperaturen von Legionellen	169
U. Hässelbarth Verhinderung der Legionellenvermehrung bei Schwimm- und Warmsprudelbecken	177
Marianne Borneff Legionellen in zahnärztlichen Behandlungseinheiten	183
Regine Nagorka und W. Bartocha Chemische und mikrobiologische Untersuchungs- ergebnisse von RLT-Anlagen in Berlin	203
Elke Roßkamp und K. Seidel RLT-Anlagen - Anforderungen an mikrobizide Zusätze für Befeuchterwässer	219
H.-P. Werner und M. Pietsch Vorkommen und Bedeutung von Legionellen in Kraftwerkskühlsystemen	231
R. Germann, W.-D. Henkels und C. J. Challinor Praktische Erfahrungen zur Bekämpfung von Legionellen in Kühlwasserkreisläufen durch Wasserkonditionierungsmaßnahmen	241
WHO Umwelthygienische Aspekte der Kontrolle von Legionellose - Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation, Kopenhagen 1986	249
K. Seidel Anmerkungen zur Legionellenproblematik in Deutschland	253

Vorwort

Der nun vorliegende Band 91 der Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. stellt den für die Praxis wichtigen Wissensstand über "Legionellen" dar, Bakterien welche in Deutschland pro Jahr für mehrere Tausend schwere Erkrankungen des Menschen bis hin zu Todesfällen verantwortlich sind.

Die Mehrzahl der Beiträge wurde auf der vom Verein für Wasser-Boden- und Lufthygiene E.V. in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes am 23. und 24. Oktober 1991 in Berlin durchgeführten Fachtagung vorgetragen und ausführlich diskutiert.

Nahezu tägliche Anfragen im Bundesgesundheitsamt belegen die hygienische Bedeutung des Problems und verdeutlichen die Notwendigkeit einer neuen zusammenfassenden Darstellung in deutscher Sprache. Der Bogen der Anfragenden spannt sich von Amtsärzten, niedergelassenen Ärzten und Krankenhäusern über Anlagenhersteller, bauausführende Firmen, Wartungsfirmen, Planer und Architekten bis hin zu Privatpersonen und nicht zuletzt die Medien. Die Schrift soll zur weiteren und auch schnelleren Umsetzung hygienetechnischer Forderungen und damit der Gestaltung hygienisch sicherer Systeme beitragen - Handlungsbedarf ist noch immer genügend vorhanden. Die Beiträge geben die Auffassungen der jeweiligen Autoren wieder, die amtlichen Äußerungen bzw. die durch gesetzliche Bestimmungen geregelten Sachverhalte sind deutlich zu erkennen.

Da es zu dieser Thematik leider eine Vielzahl von weniger seriösen, z.T. falschen Darstellungen in jedweder Form von Öffentlichkeit gibt, ist diese Schrift besonders notwendig. Dem Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. sei daher nachdrücklichst für die Durchführung der zweiten Fachtagung zu diesem Thema 1991 in Berlin und der Veröffentlichung im Rahmen seiner Schriftenreihe gedankt.

Die Herausgabe des Buches erforderte durch eine Verknüpfung unglücklicher Umstände weit mehr Zeit als vorgesehen. In Sonderheit möchte ich meinen Mitarbeiterinnen Frau Gabriele Bätz und Frau Anneliese Dahmen für entscheidende und geduldige Hilfe bei der umfangreichen Bearbeitung der Manuskripte danken. Das Schreiben der nicht immer einfachen Druckvorlage besorgte Frau Gabriele Schilf, Berlin.

Karsten Seidel

Eröffnung der 2. Fachtagung

H. Lange-Asschenfeldt

Das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene wird in wenigen Tagen den 90. Jahrestag seiner Gründung feiern. Es trifft sich deshalb gut, daß nach dem kürzlichen Symposium zum Thema "Lärm und Krankheit" nun am 23. und 24. Oktober 1991 dieses 2. Treffen der Experten auf dem Gebiet der Legionellose hier stattfinden kann. Dieser Umstand vermag besser als viele Worte das breite Spektrum der umwelthygienisch und umweltmedizinischen Aktivitäten unseres Hauses zu verdeutlichen, die sich ja nicht aus reinem akademischen Interesse, sondern vielmehr aus den bestehenden Notwendigkeiten ergeben.

In dieser Hinsicht wurden bereits beim 1. Expertentreffen 1986 Betrachtungen darüber angestellt, daß sowohl die Wissenschaft als auch die Gesundheitspolitik die infektiologischen Probleme nach dem derzeitigen Kenntnisstand wohl allzu früh aus dem Katalog der noch offenen Fragen des öffentlichen Gesundheitswesens gestrichen haben.

Die Bezeichnung Legionärskrankheit klingt so klassisch-bildhaft, daß sie auch dem erfahrenen Hygieniker das Gefühl vermitteln kann, er habe über sie schon auf der Universität gehört. Tatsächlich aber ist sie kaum 15 Jahre alt. Die Geschichte dieser Wortschöpfung ist hinlänglich bekannt.

Die erste eingehende Beschreibung dieser mit einem relativ hohen Risiko behafteten Krankheit im Zusammenhang mit der Entdeckung und Beschreibung des Erregers 1976/77 hat auch ähnliche Vorkommen in vorausgegangenen Jahren nachträglich erhellt. In der Zwischenzeit erfolgte eine sehr weitgehende mikrobiologische und klinische Differenzierung. Als regelmäßig gutartig verlaufende, nicht pneumonische Variante wurde das Pontiac-Fieber beschrieben.

Legionellen treten sowohl epidemisch als auch sporadisch als Einzelerkrankungen auf. Nosokomial existieren beide Formen.

Nun muß es Gründe dafür geben, daß sich gerade die Umwelthygiene dieses interessanten infektiologischen Phänomens in der jüngsten Zeit mit besonderer Sorgfalt widmet. Ich nenne in aller Kürze 7:

1. Legionellen sind ubiquitäre, in wohl allen Arten humanpathogene Bakterien, deren Standort das Süßwasser ist, auch soweit es in Schlämmen und Böden gebunden oder technisch aufbereitet wurde.

2. Sie sind außerdem in den Leitungsnetzen der Trinkwasserversorgung sehr verbreitet und vermehren sich vorzüglich im Temperaturbereich von etwa 25 bis 45 °C, obwohl sie beim Verfahren ihres Nachweises sehr hohe Anforderungen an das Nährmedium stellen. Dies erscheint bemerkenswert.
3. Sie werden in Form von Aerosolen dieser Wässer über den Luftweg auf den Menschen übertragen. Das vermehrte Auftreten von Legionellosen steht deshalb u.a. in engem Zusammenhang mit der Verbesserung des Hygienestandards und dem Ausbau der Klimatechnik.
4. Für das Vorkommen der humanpathologisch wichtigsten Art Legionella pneumophila im Trinkwasser konnte trotz ständiger Verbesserung des mikrobiologisch-diagnostischen Instrumentariums ein geeigneter Indikator bisher nicht entwickelt werden.
5. Die Beurteilung positiver Legionellen-Befunde birgt aufgrund von Virulenzunterschieden und weltweit fehlender Bewertungskriterien nach wie vor erhebliche Unsicherheiten.
6. Die Rolle der systemischen und organotypischen Dispositionen läßt weiterhin zahlreiche Fragen offen.
7. Die weite Verbreitung der Legionellosen und die vermutete hohe Dunkelziffer zwingen zum Handeln.

Nach allem ist festzustellen, daß nicht nur weiterer Forschungsbedarf auf klinischem und mikrobiologischem Gebiet besteht, sondern vor allem auch Defizite in der gesundheitlichen Aufklärung der potentiell gefährdeten Bevölkerungskreise und der Verantwortlichen im Bereich der Wassertechnik, der Wasserwirtschaft, des Krankenhaus- und Bäderwesens sowie der Energie- und Klimatechnik vorhanden sind, die es nach und nach abzubauen gilt.

Von unschätzbarem Wert war und ist in diesem Zusammenhang die tatkräftige Mitwirkung der zuständigen Fachverbände und hier insbesondere des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), dem wir uns nicht nur auf diesem Felde eng verbunden fühlen.

Wir erwarten von dem interdisziplinären Exkurs dieser Tage wertvolle neue Erkenntnisse über das Wesen, die Mikrobiologie, die Epidemiologie, die Klinik sowie die Diagnostik und Therapie, besonders aber die Prävention legionellenbedingter Krankheiten, die zumindest in ihrer sporadischen Verlaufform noch viel zu häufig unerkannt bleiben und ohne adäquate Therapie insbesondere bei älteren Patienten mit einem hohen Letalitätsrisiko behaftet sind. Wir erhoffen uns in diesem Sinne auch Unterstützung in dem Wunsch nach einer zentralen Erfassung von Daten über

Legionella-Infektionen, um genauere Angaben zur Häufigkeit der bisher nur auf 5000 - 6000 Fälle berechneten Legionella-Pneumonien zu erhalten.

Ich danke dem Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. abermals sehr herzlich für die gebotene Gelegenheit, gemeinsam mit uns diese Tagung auszurichten. Mein Dank gilt nicht weniger aber auch allen Gestaltern und Mitgestaltern der Veranstaltung, insbesondere natürlich den Referenten für ihren Beitrag und den zahlreich erschienenen Teilnehmern für ihr Interesse. Der Tagung wünsche ich einen erfolgreichen Verlauf und unseren Gästen einige schöne Tage in Berlin.

Zur Frage der Anwendung des Bundes-Seuchengesetzes

W. Schumacher

Ende der sechziger Jahre konnte man von einem Staatssekretär des Bundesgesundheitsministeriums vernehmen, die übertragbaren Krankheiten spielten bei uns keine Rolle mehr, der Öffentliche Gesundheitsdienst könne sich anderen Aufgaben zuwenden. Gleichwohl traten im Laufe der Jahre immer wieder einmal bislang nicht bekannte Krankheitsbilder auf, die sich als übertragbar erwiesen (Marburg-Erkrankung, Lassafieber, Legionellose, erworbenes Immundefektsyndrom). Sobald ein solches neues Krankheitsbild sich als übertragbar erweist, hört man von (selbsternannten) Experten, daß es an Rechtsnormen zur Bekämpfung dieser Krankheit fehle, da sie nicht unter die Vorschriften des Bundes-Seuchengesetzes (BSeuchG) [1] falle. Eine solche Behauptung legt die Vermutung nahe, daß die Kenntnisse des Gesetzes eher vom Hörensagen als aus eigenem Studium des Textes stammen.

Es war gerade eines der Ziele des BSeuchG im Gegensatz zu den früheren Rechtsnormen - Reichs-Seuchengesetz von 1900 und Verordnung zur Bekämpfung übertragbarer Krankheiten von 1938, die nur namentlich aufgeführte Krankheiten regelten - auch für neu auftretende übertragbare Krankheiten ein zweckmäßiges Instrumentarium bereitzustellen, so daß es nicht jeweils erst der Ergänzung einer Rechtsnorm bedurfte [2].

Da die Meldepflicht für namentlich angeführte Krankheiten bereits im zweiten Abschnitt des BSeuchG, also ziemlich am Anfang abgehandelt wird, mag bei oberflächlichem Studium des Gesetzes der Fehlschluß nahe liegen, die folgenden Abschnitte bezögen sich nur - wie in früheren Rechtsnormen - auf diese in § 3 aufgelisteten Krankheiten. Tatsächlich bezieht sich aber die Generalklausel in § 10 Abs. 1 auf alle übertragbaren Krankheiten, unabhängig davon, ob sie meldepflichtig sind oder nicht.

Gleiches gilt für alle folgenden Bestimmungen soweit nicht ausdrücklich anderes bestimmt wird. So waren selbstverständlich auch bei der Legionellose alle Bestimmungen des BSeuchG anwendbar ohne daß es einer Meldepflicht bedurft hätte. Somit konnten zum Beispiel nach § 10 "die notwendigen Maßnahmen zur Abwendung der dem Einzelnen oder der Allgemeinheit... drohenden Gefahren" getroffen werden. Diese oft auch als Generalklausel bezeichnete Bestimmung erlaubt den Behörden ein denkbar flexibles Handeln, setzt bei Ihnen aber auch ein erhebliches Maß an Fachwissen voraus

und es setzt natürlich voraus, daß dieses Fachwissen überhaupt schon von der Wissenschaft erarbeitet und bereitgestellt ist. Andererseits darf diese Grundnorm der Verhütung übertragbarer Krankheiten keineswegs als Anweisung zu einer allgemeinen Bakterienjagd verstanden werden. Leider versuchen immer wieder tüchtige Geschäftsleute, eine hier und da vorhandene Bakterienfurcht zu schüren und Gefahren für die "Volks Gesundheit" zu konstruieren, für deren Abwendung sie natürlich unfehlbare Mittel anzubieten haben.

Das Vorhandensein von Krankheitserregern oder gar nur fakultativ pathogenen Erregern allein muß nicht schematisch Maßnahmen auslösen, es muß auch das Auftreten oder die Verbreitung einer Krankheit zu befürchten sein (§ 10a). Es sind jeweils diejenigen Maßnahmen auszuwählen, die ein Höchstmaß an Wirksamkeit mit einem Mindestmaß an Beeinträchtigung der Betroffenen, aber auch von "Handel und Wandel" verbinden. Schematismus gilt es jedenfalls in der Seuchenbekämpfung zu vermeiden - Verstand ist gefragt.

Die Legionellen sind Keime, die in der Natur vorkommen, daher auch gelegentlich im Trinkwasser nachgewiesen werden [3]. Ihr Wachstumsoptimum liegt etwa zwischen 30 und 45 Grad Celsius, somit ist eine Vermehrung im Trinkwasser nicht zu befürchten, solange dieses nicht erwärmt wird. Zudem werden die Legionellen nach unserem derzeitigen Wissen nur über ein Aerosol übertragen, der Genuß von Trinkwasser, kalt oder warm, führt also nicht zur Erkrankung. Daraus folgt, daß es von Seiten der Wasserversorgungsunternehmen keiner gegen Legionellen gerichteten Maßnahmen bedarf, die über diejenigen hinausgehen, die zur Erfüllung der Vorschriften der Trinkwasserverordnung erforderlich sind [4].

Auch Übertragungen von Mensch zu Mensch kommen offenbar nicht vor, und es bedarf zum Angehen einer Infektion im allgemeinen einer gesundheitlichen Verschädigung [5].

Seuchenhygienische Maßnahmen haben sich daher auf die Bereiche zu konzentrieren, in denen Wasser erwärmt wird oder werden kann und in denen Aerosole entstehen können (Einzelheiten s. [6, 7, 8, 9]).

Schutzmaßnahmen beim Arbeiten an Warmwasserleitungen sind nicht erforderlich. Zwar wird bei diesen Leitungen gelegentlich eine Kontamination mit Legionellen vorkommen, aber es entstehen keine Aerosole. Sollte das ausnahmsweise zu besorgen sein, ist ein Mundschutz zweckmäßig. Da in Kühltürmen praktisch immer mit einer Legionellenkontamination zu rechnen ist und das Vorhandensein eines Aerosols nicht sicher ausgeschlossen werden kann, sollte beim Arbeiten in Kühltürmen ein Mundschutz getragen werden.

Es ist also festzuhalten, daß Legionellen und Legionellosen unter das BSeuchG fallen, auch ohne daß die Erkrankung meldepflichtig ist; daß aber angesichts der nur fakultativ pathogenen Eigenschaften der Legionellen sorgfältig zu überlegen ist, welche Maßnahmen des BSeuchG im Einzelfall sinnvoll und zweckmäßig sind.

Literatur

1. Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen (Bundes-Seuchengesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Dezember 1979 (BGBl. I S. 2262, ber. I 1980 S. 151); zuletzt geändert durch das Gesetz vom 19. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2555) - BGBl. III 2126-1
2. Schumacher/Meyn, Bundes-Seuchengesetz, 4. Aufl. 1992, Deutscher Gemeindeverlag, S. 35
3. Seidel, K. u.a.: Zum Vorkommen und zur Bewertung von Legionellen in der Umwelt unter besonderer Berücksichtigung von *Legionella pneumophila*, Bundesgesundhbl. 29 (1986), 399 - 404
4. Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung-TrinkwV) vom 05.12.1990 (BGBl. I S. 2613 - 2629)
5. Lode, H. u.a.: Klinik und Prognose von Legionella-Infektionen. In: Legionellen (Hrsg. Seidel, K., Seeber, E. und Hässelbarth, U.) Schriftenreihe Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V., Band 72, G. Fischer Verlag Stuttgart - New York, 1987
6. Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos. Bundesgesundhbl. 30, (1987), 252 - 253
7. Anonymus: Anforderungen an die Beschaffenheit des Wassers in Badeanlagen und Einrichtungen zur Hydrotherapie bzw. Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung. Anlagen zu Ziffer 4.3.7 und 6.11 bzw. Ziffer 4.4.6 und 6.7 der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen". Bundesgesundhbl. 31, (1988), 253 - 256
8. Anonymus: Mitteilung des Bundesgesundheitsamtes über den Nachweis von Legionellen in erwärmtem Trinkwasser, Bundesgesundhbl. 36, (1993), 162
9. DVGW-Arbeitsblatt W 551 "Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen: Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums", (Entwurf August 1991), im März 1993 in das DVGW-Regelwerk aufgenommen worden

Klinik und Therapie der Legionella-Infektion

B. Ruf

Zusammenfassung

Die Legionellose ist eine weltweit vorkommende Infektionserkrankung, die in zwei unterschiedlichen Manifestationsformen vorkommt: einer Pneumonie und einer nicht-pneumonischen, "Grippe"-ähnlichen Erkrankung. Legionella-Infektionen können epidemisch auftreten; bei der Mehrzahl der Erkrankungen handelt es sich jedoch um sporadische Fälle. Die Legionella-Pneumonie hat mit 1 % und 16 % aller Fälle einen bedeutenden Anteil im ätiologischen Spektrum ambulant-erworbener Pneumonien. Bei nosokomialen Pneumonien werden Legionellen in bis zu 22 % aller Fälle nachgewiesen. Risikofaktoren für eine Legionella-Pneumonie sind höheres Lebensalter, schwere Grunderkrankungen und Immunsuppression. Eine Unterscheidung der Legionellose von Pneumonien anderer Ätiologie aufgrund klinischer Befunde ist in der Regel nicht möglich. Mittel der Wahl bei der Therapie der Legionellose sind Makrolidantibiotika. Bei frühzeitiger Therapie kann die Letalität deutlich gesenkt werden und wird dann im wesentlichen durch vorbestehende Grunderkrankungen bestimmt.

Einleitung

Die Legionellose ist eine weltweit in unterschiedlicher Häufigkeit vorkommende Infektionskrankheit [1, 2, 3]. Sie wird durch Legionellen hervorgerufen, die 1976 anlässlich einer Pneumonie-Epidemie in Philadelphia entdeckt und beschrieben wurden. Legionellen kommen ubiquitär in natürlichen und artifiziellen wäßrigen Habitaten wie z.B. Warmwasserversorgungssystemen und Klimaanlage vor [2, 3, 4]. Sie sind damit in der Umgebung des Menschen ständig und in zunehmendem Maße vorhanden, was mit ein Grund für die ansteigende Bedeutung dieser Pneumonieätiologie ist.

Legionella-Infektionen kommen in zwei nosologisch unterschiedlichen Verlaufsvarianten vor (Tab. 1); die Gründe hierfür sind bis heute unklar. Neben der pneumonischen Form gibt es eine zweite Verlaufsform, auch Pontiac-Fieber genannt, die ohne Pneumonie unter dem Bild einer akuten viralen Erkrankung der Atemwege verläuft [3, 5].

Infektionen und nachgewiesene Erreger

Von den mindestens 28 bisher gefundenen Legionella-Spezies [6] wurden bisher 17 als Ursache von Legionella-Infektionen nachgewiesen [7]. Mehr als 80 % aller Legionella-Infektionen werden durch die Spezies Legionella pneumophila verursacht [1, 3, 8]. Neben der Serogruppe 1, die für mehr als die Hälfte aller Legionella-Infektionen verantwortlich ist, wurden 13 weitere Serogruppen der Spezies Legionella pneumophila als Pneumonie-Erreger identifiziert [9]. Nach L. pneumophila ist L. micdadei die zweithäufigste Spezies, die bei Erkrankungen des Menschen gefunden wird [3, 7]. Bisher konnten keine Unterschiede im Krankheitsablauf und in den Krankheitsmanifestationen bei Infektionen durch verschiedene Legionella-Typen gefunden werden [3, 7, 8].

Epidemiologie

Die Legionella-Pneumonie und das Pontiac-Fieber treten epidemisch und sporadisch auf [3, 10]. Eine besondere Bedeutung kommt den im Krankenhaus erworbenen (nosokomialen) Legionella-Infektionen zu [4, 11]. Legionellen wurden wiederholt als Erreger von Pneumonie-Epidemien beschrieben, jedoch mit vergleichsweise kleinen Fallzahlen. In der Mehrzahl der Legionellosen handelt es sich um sporadische Erkrankungen [3, 8, 10]. Im Gegensatz zur Legionella-Pneumonie werden sporadische Fälle des Pontiac-Fiebers nur zufallsweise diagnostiziert, da bei der immer gutartig verlaufenden Erkrankung in der Regel keine spezifische Diagnostik zum Nachweis einer Legionella-Infektion durchgeführt wird. Es ist zu vermuten, daß ein weit größerer Teil der Legionella-Infektionen ohne Pneumonie verläuft als bisher bekannt ist [5].

Im Spektrum der sporadischen Pneumonien hat die Legionella-Pneumonie eine erhebliche Bedeutung. Bei den ambulant erworbenen Pneumonien kommt ihr ein Anteil zwischen 1 % und 16 % zu [8]. Bei ambulant erworbenen und im Krankenhaus behandelten Pneumonien zählen Legionellen zu den drei am häufigsten nachgewiesenen Pneumonieerregern [1, 2]. Der Anteil der Legionellose am ätiologischen Spektrum nosokomialer Pneumonien kann bei bis zu 25 % liegen [4, 11].

Im Gegensatz zum Pontiac-Fieber gibt es für die Legionella-Pneumonie prädisponierende Faktoren wie z.B. Alter, Geschlecht, pulmonale Vorerkrankungen und Immunsuppression [5]. Männer erkranken mehr als zweimal so häufig wie Frauen, und das Risiko steigt bei Patienten mit höherem Lebensalter deutlich an. Patienten mit

Legionella-Pneumonie weisen häufig chronisch-obstruktive Lungenerkrankungen, Diabetes mellitus und Malignome auf oder sind Organtransplantatempfänger [5, 12]. Ein besonders hohes Risiko haben Patienten, die durch eine Therapie mit Zytostatika und Steroiden immunsupprimiert sind [5, 13].

Klinische Manifestation - Legionella-Pneumonie

Die Inkubationszeit beträgt 2-10 Tage (Tab. 1). Die Pneumonie kann sich akut oder subakut über mehrere Tage entwickeln. Häufig vorkommende Prodromi sind Abgeschlagenheit, Fieber, Schüttelfrost und unproduktiver Husten, der im Verlauf bei mehr als der Hälfte der Patienten produktiv wird (Tab. 2). Häufig bestehen Dyspnoe und Brustschmerzen; Pleuritis, Pleuraerguß oder Pleuraemphysembildung sind selten. Bei immunsupprimierten Patienten kann die Erkrankung einen so raschen Verlauf nehmen, daß es nicht mehr zur Ausbildung der sonst zu beobachtenden Prodromi und klinischen Symptome kommt.

Extrapulmonale Organmanifestation: Charakteristischerweise besteht häufig eine extrapulmonale Organsymptomatik, die bei mehr als 50 % der Fälle zu beobachten ist [3, 5, 8]. So können z.B. die in der Prodromalphase oft zu beobachtenden Muskelschmerzen und Gelenkschmerzen an eine virale Infektion denken lassen. Die am häufigsten betroffenen Organsysteme sind das zentrale Nervensystem mit Verwirrtheit und Kopfschmerzen und der Gastrointestinaltrakt mit Übelkeit und Durchfall. Beobachtet wurde auch das Auftreten einer Niereninsuffizienz, die bis zur Dialysepflichtigkeit ausgeprägt sein kann. Die extrapulmonale Symptomatik bildet sich in der Regel parallel zur klinischen Besserung zurück. Nach heutigem Kenntnisstand werden diese extrapulmonalen Organschädigungen nicht durch den Erreger selbst, sondern wahrscheinlich durch bakterielle Endo- und Exotoxine vermittelt [3, 5, 8]. Im Ausnahmefall kann es zu einer Manifestation an extrapulmonalen Organ kommen, ohne daß gleichzeitig eine pulmonale Manifestation vorliegt [3, 5, 8]. In diesen wenigen Fällen handelte es sich um einen Befall der Herzens mit Endokarditis und Perikarditis, Shunt-Infektionen bei Hämodialyse, Nierenabszesse und Wundinfektionen der Haut.

Radiologie: Pneumonische Infiltrationen sind nahezu bei allen Patienten am zweiten bis dritten Krankheitstag nachweisbar [14]. Häufig bestehen unilaterale Infiltrationen mit Bevorzugung der unteren Lungenareale. Die Infiltrationen können segmental oder lobär begrenzt sein, aber auch einen diffusen Charakter haben. Eine Ausbreitung der Infiltrationen mit Befall weiterer Lappen findet sich in 25-50 % der Fälle im Verlauf [14]. Charakteristischerweise können die pulmonalen Infiltrationen trotz adäquater Therapie und klinischer Besserung noch zunehmen. Ausgedehnte Pleuraergüsse, hiläre Lymphadenopathie, Emphysem- und Abzeßbildung sind selten. Die Rückbildung der pneumonischen Infiltrationen hinkt der klinischen Besserung in der Regel hinterher [14].

Laborbefunde: Bei 60 % bis 75 % der Patienten findet sich eine Leukozytose mit Linksverschiebung. Eine Legionella-Pneumonie wird häufiger als andere Pneumonieätiologien von Hämaturie, Proteinurie, Anstieg der Nierenretentionswerte und der Leberfunktionsparameter (wie z.B. der Serumtransaminasen) begleitet. Im Gegensatz zu anderen Pneumonieätiologien kann sich bei der Legionella-Pneumonie eine Hyponatriämie entwickeln. Die Häufigkeit unterschiedlicher Laborbefunde ist in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Trotz des Vorhandenseins einiger für die Legionella-Pneumonie indikativer Befund- und Symptomenkonstellationen kann sie aufgrund von klinischen, laborchemischen oder radiologischen Befunden von anderen Pneumonie-Ätiologien nicht eindeutig unterschieden werden [5, 8]. Die Diagnose ist nur mit speziellen mikrobiologischen Nachweisverfahren zu sichern.

Klinische Manifestation - Pontiac-Fieber

Beim Pontiac-Fieber handelt es sich um eine "Grippe" - ähnliche Erkrankung ohne Pneumonie, die überwiegend epidemisch auftritt (Tab. 1). Die Erkrankung beginnt akut mit Fieber, Schüttelfrost, Kopf- und Muskelschmerzen nach einer Inkubationszeit von durchschnittlich 36 Stunden. Die Erkrankung heilt nach 2-5 Tagen ohne antibiotische Therapie spontan aus. Es ist unklar, ob das Pontiac-Fieber durch eine Infektion oder durch eine immunologische oder toxische Reaktion auf den inhalierten Erreger oder dessen Bestandteile verursacht wird. Die Erkrankung ist bisher nur indirekt durch eine Serokonversion und nie durch den kulturellen Nachweis von Legionellen aus dem Bronchialsekret diagnostiziert worden [3, 5].

Therapie und Prognose

Erythromycin ist das Antibiotikum der ersten Wahl, [3, 8, 12]. Auch wenn keine kontrollierten prospektiven Studien vorliegen, haben retrospektive Analysen eindeutig gezeigt, daß mit Erythromycin behandelte Patienten im Vergleich zu Patienten, welche mit Tetrazyklinen, Penicillinen, Cephalosporinen oder Aminoglykosiden behandelt wurden, die niedrigste Letalität aufwiesen.

Bei Patienten mit ambulant erworbener Legionella-Pneumonie liegt die Letalität nach adäquater Therapie bei weniger als 10 %, während sie bei einer Therapie mit Beta-Laktam-Antibiotika oder Aminoglykosiden bei 30 bis 40 % liegt [14]. Bei immunsupprimierten Patienten steigt sie auf 80 %, konnte bei diesen Patienten mit Erythromycin jedoch auf 24 % gesenkt werden [13]. Neben der Wirksamkeit der eingesetzten antimikrobiellen Therapie entscheiden vor allem ein frühzeitiger Therapiebeginn sowie vorliegende Grunderkrankungen über die Prognose.

Die Legionella-Pneumonie verläuft nicht selten schwer, und die Patienten bedürfen dann neben der antibiotischen Therapie auch einer intensiven supportiven Behandlung wie z.B. Flüssigkeits- und Elektrolytersatz, parenteraler Ernährung bis hin zur intensivmedizinischen Behandlung.

Eine klinische Besserung kann rasch oder erst nach einigen Tagen einsetzen. Nicht selten zeigt die radiologische Rückbildung einen protrahierten Verlauf, und residuale Läsionen mit einer Fibrosierung des Lungengewebes wurden beschrieben [14]. Bei einer zeitlich zu kurzen Therapiedauer kann es bei der Legionella-Pneumonie zu Reziden kommen, insbesondere bei immunsupprimierten Patienten [3, 12].

Die zur Zeit gültige Therapieempfehlung bei Legionellose [3, 8, 12] zeigt Tabelle 4. Empfohlen wird eine Therapie mit 2 g Erythromycin (in den ersten Tagen auch bis zu 4 g) pro Tag. Die Therapiedauer sollte bei immunkompetenten Patienten mit unkompliziertem Verlauf 10 bis 14 Tage betragen, während sie bei immunsupprimierten Patienten 21 Tage nicht unterschreiten sollte. Bei ausgedehnten und schwer verlaufenden Pneumonien wird zusätzlich Rifampicin in einer Dosis von 600 mg/d empfohlen. Seit der Einführung neuer Makrolide (z.B. Clarithromycin) beginnen diese, das Erythromycin zu ersetzen, da sie gegen Legionellen gleich wirksam sind, jedoch eine bessere Verträglichkeit zeigen. Alternative therapeutische Ansätze scheinen sich durch die Chinolone zu ergeben [3,8].

Bisher wurden keine Primärresistenzen von Legionellen gegen Makrolide und Rifampicin gefunden. Im Laborexperiment konnten jedoch Resistenzen erzeugt werden [3, 8]. Eine in vitro nachgewiesene Empfindlichkeit erlaubt aber keine Aussage über die klinische Wirksamkeit einer Substanz in der Therapie einer Legionellose. Da sich Legionellen überwiegend intrazellulär in Zellen des makrophagozytären Systems finden, entscheidet über die Wirksamkeit neben der in vitro-Aktivität auch die intrazellulär erreichbare Konzentration der jeweiligen Substanz [3].

Die Antibiotika-Therapie der Pneumonie wird in der Regel empirisch vor Sicherung der Erreger-Ätiologie begonnen. Da Makrolide neben den Legionellen die häufigsten Erreger ambulant erworbener Pneumonien bei Patienten ohne Lungenvorerkrankungen oder Immunsuppression erfassen, gelten sie heute bei diesen Pneumonien als Mittel der ersten Wahl. Besteht bei dem Patienten aufgrund von Vorerkrankungen ein erhöhtes Risiko für eine Pneumonie mit gramnegativen Erregern, sollte eine Kombination aus einem Makrolid und einer Substanz mit einer Aktivität gegen gramnegative Keime eingesetzt werden, bis eine Legionella-Infektion definitiv ausgeschlossen werden kann. Bei nosokomialen Pneumonien sollte ein Makrolid dem üblichen antibiotischen Regime bis zum Ausschluß einer Legionella-Ätiologie hinzugefügt werden. Grundsätzlich sollte bei fehlender klinischer Wirksamkeit einer antibiotischen Pneumonietherapie ohne Einschluß gegen Legionellen wirksamer Substanzen immer an eine Legionella-Ätiologie gedacht werden.

Da der Nachweis einer Legionellose immer Art und Dauer der antibiotischen Therapie bestimmt, sollte bei ätiologisch unklarer Pneumonie immer nach dieser Ätiologie gesucht werden. Ein direkter Erregernachweis in Respirationstraktsekreten gelingt nur

selten [1, 3]. Auch die serologische Diagnostik ist in der Akutphase nur selten hilfreich, da ein signifikanter Antikörperanstieg frühestens nach 10 Tagen erwartet werden kann und in den meisten Fällen erst nach mehreren Wochen auftritt; er kann ohnehin nur bei ca. 75 % der Fälle erwartet werden [1, 3]. Der Nachweis von Legionella-Antigen im Harn gilt derzeit als das sensitivste diagnostische Verfahren und erlaubt häufig bereits in den ersten Tagen nach Krankheitsbeginn eine Diagnosestellung [1].

Literatur

1. Ruf, B., Schürmann, D., Horbach, I., Fehrenbach, F.J., Pohle, H.D.: Prevalence and diagnosis of legionella pneumonia: a 3-year prospective study with emphasis on application of urinary antigen detection. *J. Infect. Dis.* 162, (1990), 1341 - 1348
2. Stout, J.E., Yu, V.L., Muraca, P., Joly, J., Troup, N., Tompkins, L.S.: Potable water as a cause of sporadic cases of community-acquired Legionnaires' disease. *N. Engl. J. Med.* 326, (1992), 151 - 155
3. Winn, W.C. Jr.: Legionnaires disease: Historical perspective. *Clinical Microbiology Reviews* 1, (1988), 60 - 81
4. Ruf, B., Schürmann, D., Horbach, I., Seidel, K., Pohle, H.D.: Nosocomial legionella pneumonia: demonstration of potable water as the source of infection. *Epidemiol. Infect.* 101, (1988), 647 - 654
5. Strampfer, M.J., Burke, A.C.: Clinical and laboratory aspects of Legionnaire's disease. *Seminars in Respiratory Infections* 2, (1987), 228 - 234
6. Wilkinson, I.J., Sangster, N., Ratcliff, R.M., Mug, P.A., Davos, D.E., Lanser, J.A.: Problems associated with identification of Legionella species from environment and isolation of six possible new species. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, (1990), 796 - 802
7. Fang, G.D., Yu, V.L., Vickers, R.M.: Disease due to the Legionellaceae (other than Legionella pneumophila). Historical, microbiological, clinical and epidemiological review. *Medicine* 68, (1989), 116 - 132
8. Muder, R.R., Yu, V.L., Fang, G.D.: Community-acquired Legionnaires' disease. *Seminars in Respiratory Infections* (1989), 32 - 39
9. Benson, R.F., Thacker, W.L., Wilkinson, H.W.: Legionella serogroup 14 isolated from patients with fatal pneumonia. *J. Clin. Microbiol.* 26, (1988), 382

10. Doebbeling, B.N., Wenzel, R.P.: The epidemiology of *Legionella pneumophila* infections. *Seminars in Respiratory Infections* 2, (1987), 206 - 221
11. Edelstein, P.H.: Nosocomial Legionnaires' disease: a global perspective. *J. Hosp. Infect.* 11, (Supplement A), (1988), 182 - 188
12. Ampel, N.M., Wing, E.J.: *Legionella* infection in transplant patients. *Seminars in respiratory infections* 5, (1990), 30 - 37
13. Kirby, B.D., Snyder, K.M., Meyer, R.D.: Legionnaires' disease: Report of sixty-five nosocomially acquired cases and review of the literature. *Medicine* 59, (1980), 188 - 205
14. Muder, R.R., Yu, V.L., Parry, M.F.: The radiological manifestation of legionella pneumonia. *Seminars in Respiratory Infections* 4, (1987), 242 - 254

Tab. 1: Charakteristika der Legionella-Pneumonie und des Pontiac-Fiebers

	Legionella-Pneumonie	Pontiac-Fieber
Epidemische Häufung	ja	ja
Sporadische Fälle	ja	selten
Inkubationszeit	2 - 10 Tage	1 - 2 Tage
Erkrankungsdauer	7 - 14 Tage	2 - 5 Tage
Rekonvaleszenz	protrahiert	schnell
Letaler Verlauf	ja	nein
Alters und Geschlechts- präferenz	ja	nein
Therapie erforderlich	ja	nein
Pneumonie	ja	nein
Extrapulmonale Symptome	ja	ja

Tab. 2: Symptome der Legionella-Pneumonie

	Häufigkeit (in %)
Fieber	> 90
Relative Bradykardie	60 - 65
Husten	71 - 92
Schüttelfrost	51 - 73
Brustschmerzen	26 - 34
Kopfschmerzen	20 - 43
Diarrhoe	24 - 47
Übelkeit, Erbrechen	24 - 32
Muskel- und Gelenkschmerzen	23 - 43
Leibschmerzen	8 - 15
Bewußtseinsstörungen	35

Nach M.J. Strampfer et al. [5]

Tab. 3: Laborbefunde bei Legionella-Pneumonie

	Häufigkeit
Hyponatriämie	56 - 68 %
Hypophosphatämie	51 %
Proteinurie	25 - 49 %
Hämaturie	16 - 32 %
LDH-Erhöhung	45 - 88 %
SGOT-Erhöhung	49 - 70 %
Erhöhung der alkalischen Phosphatase	49 - 62 %
Bilirubin	15 %

Nach M.J. Strampfer et al. [5]

Tab. 4: Therapie der Legionella-Pneumonie

Mittel der Wahl: Erythromycin (2g/d) oder neue Makrolide (z.B. Clarithromycin 1g/d),
bei schwerem Verlauf zusätzlich 600 mg Rifampicin/d

Therapiedauer: 21 Tage

Alternative Therapieansätze: Chinolonderivate

Diagnostik der Legionellose - aktueller Stand

I. Horbach u. F.J. Fehrenbach

Einleitung

Bereits 1947 gelang die erste Isolierung eines *Legionella*-Stammes aus dem Blut eines in Fort Bragg stationierten Soldaten, der an einer fieberhaften Erkrankung, dem sog. Fort Bragg-Fieber litt. 1959 wurde ein ähnlicher Keim ebenfalls aus dem Blut eines Patienten mit der Verdachtsdiagnose einer Pityriasis angezüchtet. In beiden Fällen gelang Rickettsiologen, die Anzucht dieser zunächst als atypische Rickettsien angesehenen Keime über die Inokulation von Patientenblut in Meerschweinchen bzw. im Dottersack von bebrüteten Hühnereiern.

Es ist daher nur konsequent, daß schließlich der ätiologische Erreger der Philadelphia-Epidemie 1977 erfolgreich über die genannte Standardmethode der Rickettsiendiagnostik von McDADE et al. isoliert wurde, nachdem alle anderen Kultivierungsverfahren fehlgeschlagen waren [1, 2].

Erregereigenschaften und Vorkommen des Erregers:

Die Erreger der Legionärskrankheit sind pleomorphe, 1 - 3 μm lange, teilweise auch filamentös wachsende, gramnegative mesophile, monotrich begeißelte Stäbchenbakterien.

Nach der Erstisolierung von *Legionella pneumophila* wurden die zuvor und alle nachfolgend isolierten Legionellen in der Familie Legionellaceae mit dem Genus *Legionella* zusammengefaßt [3].

Nach einer Publikation der Centers for Disease Control (CDC) vom Mai 1991 sind bisher 32 Spezies mit 51 Serogruppen bekannt, 16 Spezies konnten als Krankheitserreger erkannt, die restlichen 16 lediglich aus Umweltproben isoliert werden [4].

Der bevorzugte Standort der Legionellen ist das Wasser. Weltweit sind Legionellen in den verschiedensten Lokalisationen, wie Oberflächengewässer, seltener im Grundwasser, in Klimaanlage, Kühltürmen und in der Trinkwasserversorgung, hier bevorzugt im Warmwasser mit Temperaturen unter 60°C, nachgewiesen worden [5].

Mikrobiologische Diagnostik:

Wegen des Fehlens charakteristischer klinischer Zeichen zur Abgrenzung der Legionella-Pneumonie von anderen atypischen Pneumonien kommt der mikrobiologischen Laboratoriumsdiagnose große Bedeutung zu. Prinzipiell stehen dem Erregernachweis alle konventionellen Verfahren zur Verfügung [1, 6].

- Kultur,
- mikroskopischer oder fluoreszenzmikroskopischer Nachweis,
- Nachweis von Serumantikörpern,
- Nachweis von Erregerantigenen.

Kultur:

Legionellen beanspruchen komplex zusammengesetzte Kulturmedien.

Bei den zuerst entwickelten künstlichen Nährmedien handelte es sich um den

1. Feeley-Gorman Agar, der Caseinhydrolysat, Stärke, Fe-Pyrophosphat und Cysteinhydrochlorid enthält sowie um
2. einen mit Hämoglobin und Isovitalex angereicherten Müller-Hinton-Agar.

Als gebräuchlichstes Medium hat sich jedoch ein auf pH 6,9 eingestellter Aktivkohle-Hefeextrakt-Cystein-Agar mit α -Ketoglutarat durchgesetzt [1, 6].

Durch Zusatz antimikrobieller Substanzen kann dieser Agar als Selektiv- bzw. Semiselektivmedium eingesetzt werden.

GVCP-Agar: Der von WADOWSKI und YEE (in der Modifikation von DENNIS, BARTLETT, WRIGHT) beschriebene Agar enthält neben den Grundsubstanzen: Glycin, Vancomycin und Polymyxin B sowie Cycloheximid. Obwohl ursprünglich als Isolierungsmedium für Umweltproben beschrieben, hat sich der Agar auch als Kulturmedium für den klinisch-diagnostischen Bereich bewährt [7].

Der von EDELSTEIN beschriebene BMPA- α -Agar enthält als selektives Prinzip: Cefamandol, Polymyxin B und Anisomycin. Allerdings kann das Wachstum von Legionellen, die keine β -Laktamase bilden, wie *L. micdadei*, durch Cefamandol gehemmt werden. Das Cefamandol kann daher durch Vancomycin ersetzt werden [8].

Eine Kombination von GVCP- und BMPA α -Agar stellt der MWY-Agar dar, der Glycin, Vancomycin, Polymyxin B, Anisomycin und zwei Farbstoffkomponenten (Bromkresolpurpur und Bromthymolblau) enthält [9].

Trotz Entwicklung der genannten Medien bleibt die Erregeranzucht aus klinischem Material schwierig. Die Ursachen für die erschwerte Anzucht sind nur z.T. bekannt. Eine schnellwachsende Begleitflora kann durch Vorbehandlung des Untersuchungsmaterials mit Säure oder Hitze sowie dem Einsatz einer Kombination verschiedener Kulturmedien reduziert, günstigenfalls eliminiert werden. Ebenso hat sich die Verdünnung des Untersuchungsmaterials z.B. von Gewebehomogenat als wachstumsfördernd für Legionellen erwiesen.

Die beimpften Medien werden bei 35°C in feuchter Atmosphäre über 10 Tage bebrütet. Von einigen Autoren wird auch der Zusatz von 2,5 - 5 % CO₂ empfohlen [6].

Allerdings konnte BORNSTEIN, nachweisen, daß die Legionella-Isolierungsraten auf semiselektiven Medien in CO₂-haltiger Atmosphäre geringer ausfielen als ohne CO₂-Zusatz. Diese Beobachtung beruht vermutlich auf einer Inaktivierung der antimikrobiellen Substanzen durch CO₂ [10].

Typischerweise erfolgt nach 3 - 5 Tagen Wachstum von grauen, mattglänzenden Kolonien mit glatter Oberfläche. In Einzelfällen wurde jedoch auch über eine erfolgreiche Anzucht erst nach 10 Tagen berichtet.

Wegen nicht befriedigender kultureller Ergebnisse haben wir in einer 2-Jahresstudie versucht, die kulturelle Anzucht aus klinischem Material zu optimieren. Dazu wurde eine Kombination von 5 verschiedenen selbst hergestellten und käuflichen Medien eingesetzt. 2 Medien wurden direkt und nach Vorbehandlung des Untersuchungsmaterials mit Säurepuffer angelegt [11].

Ergebnis: Bei paralleler Anlage kulturell positiver Materialien auf verschiedenen Medien konnten über Optimalmedium mit und ohne Säurevorbehandlung 80 % der Legionellen angezüchtet werden. GVCP-Agar war ohne Säurevorbehandlung in 64 % und mit Säurevorbehandlung in 70 % Legionella-positiv. Die beiden Selektivmedien mit Anisomycinzusatz zeigten eine Isolierungsrate von ca. 90 %. Zu diesen Ergebnissen sind einige Erläuterungen notwendig. 40 % der kulturell positiven Materialien waren nicht oder nur geringgradig kontaminiert, woraus sich die hohe Isolierungsrate über die Optimalmedien ergibt. Der GVCP-Agar mit einer Isolierungsrate von nur 64 % hemmt zwar auch in gewissem Umfang das Legionellenwachstum, ist jedoch im Vergleich zu den anderen genannten Selektivmedien effektiver in der Reduktion von grampositiver und gramnegativer Begleitflora, während Sproßpilze gar nicht gehemmt werden. Die hohe Legionella-Isolierungsrate von ca. 90 % über beide Anisomycin-haltigen Medien dürfte auf die sehr gute Hemmung von Sproßpilzen zurückgeführt werden (Tabelle 1).

Während einer 2-Jahresstudie wurden 935 Materialien von Patienten mit Verdacht auf eine Legionellose kulturell angelegt, davon waren nur 45 oder 4,8 % positiv, Patienten bereinigt ergeben sich mit 3,1 % noch ungünstigere Relationen.

Abgesehen von der Auswahl und Kombination geeigneter Kulturmedien ist der Erfolg einer kulturellen Anzucht auch von der Art des Untersuchungsmaterials abhängig (Tabelle 2).

Mikroskopischer Nachweis:

Neben der Kultur ist der fluoreszenzmikroskopische Nachweis mit spezifischen polyklonalen oder monoklonalen FITC-markierten Antikörpern (AK) die wichtigste Nachweismethode in Sekreten und Geweben, da die gebräuchliche Gramfärbung einen Nachweis von Legionellen im nativen Material nicht erlaubt [6].

Bei der Verwendung von polyklonalen fluoreszenzmarkierten Antikörpern muß gelegentlich mit Kreuzreaktionen zu anderen gramnegativen Stäbchenbakterien

gerechnet werden wie *Pseudomonaden*, *E. coli*, *Haemophilus influenzae*, *Bacteroides* spez. und *Bordetella pertussis* [12, 13].

Die Spezifität käuflicher Konjugate ist abhängig vom Hersteller. Für das polyvalente Konjugat Pool A (*L. pneumophila*, Serogruppen 1 - 4) von den CDC wurde eine Spezifität von 99,9 % und für die Pools B und C eine solche von 97 % angegeben [8].

Monoklonale AK sind spezifischer und zeigen weniger bzw. keine Hintergrundfluoreszenz. Es wurde jedoch auch hier in Einzelfällen über Kreuzreaktionen, z.B. gegenüber *Bacillus cereus*, berichtet.

Andere Färbeverfahren, die u.a. für die Untersuchung histologischer Schnittpräparate eingesetzt werden, wie die Gimenez-Färbung oder die Dieterle-Silberimprägnation sind unspezifisch und bedürfen der nachträglichen Bestätigung im Fluoreszenztest [6].

Beim Vergleich der Wertigkeit von Kultur und direkter Immunfluoreszenz (DIF) wird der Kultur nach EDELSTEIN eine höhere Sensitivität gegenüber der DIF zugeschrieben. Sie wird damit begründet, daß für die DIF ein Volumen von nur 1 - 5 µl gegenüber 100 µl Material für die kulturelle Anzucht eingesetzt wird. Außerdem liege die Nachweisgrenze für die DIF bei 5×10^4 Keimen/ml, während die der Kultur bei nur 1 - 60 Keimen/ml Untersuchungsmaterial liege [8].

Eigene Untersuchungen führen jedoch zu etwas anderen Ergebnissen. Die Untersuchung von 935 Sekreten ergab eine kulturelle Ausbeute von 4,8 %, die der DIF von 5,7 % und die von Kultur und DIF zusammen von 6,2 %.

Differenzierung und Typisierung angezüchteter Keime:

Die Abgrenzung der Legionellen von anderen Bakterien gelingt aufgrund einer typischen Kulturmorphologie (Plattenmikroskop), des mikroskopisch-morphologischen Befundes und der Tatsache, daß Legionellen bei der Subkultivierung auf konventionellen Medien oder auf BCYE-Agar ohne L-Cystein nicht anzüchtbar sind [6].

Grundsätzlich stehen folgende Differenzierungsmethoden zur Verfügung:

- Biochemische Verfahren
- Serologische Methoden
- Physikalische Methoden
- Molekulargenetische Verfahren

Biochemische Verfahren:

1. Legionellen zeigen nur wenig konventionelle biochemische Reaktionen, die für eine Differenzierung innerhalb des Genus *Legionella* herangezogen werden können. Mit Ausnahme von Stärke werden Kohlehydrate nicht abgebaut. Als wichtigste Kohlenstoff- und Energiequelle dienen Aminosäuren. BERDAL und MÜLLER wiesen als erste eine Reihe von Esterasen und Aminopeptidasen bei *L. pneumophila* nach [14, 15].

Als weitere Differenzierungsmethoden auf biochemischer Grundlage bieten sich an:

2. Der gaschromatografische Nachweis von Fettsäuremustern. Die Abgrenzung von Legionellen gegenüber anderen gramnegativen Bakterien gelingt aufgrund des hohen Anteils an verzweigt-kettigen Fettsäuren der Legionellenzellwand. Die Methode ist außerdem geeignet, Legionellen auf Speziesebene zu differenzieren [16].
3. Bei der Analyse löslicher Proteine der äußeren Zellwand mit der SDS-Polyacrylamidgelelektrophorese fand sich u.a. bei allen Serogruppen von L. pneumophila und L. micdadei ein 29 - 30 kD Hauptmembranprotein, das anderen Spezies fehlt [17]. Gleichzeitig ließen sich im Bereich von 60 kD sog. "Heat-shock"-Proteine nachweisen, die möglicherweise bei allen Spezies "konserviert" sind [18].
4. Die gaschromatografische Analyse der Lipopolysaccharide (LPS) der Zellwand von L. pneumophila führt zum Nachweis eines ungewöhnlichen LPS mit überwiegend verzweigt-kettigen Fettsäuren, deren O-antigene Seitenkette die Gruppen-Zugehörigkeit innerhalb des Genus Legionella determiniert [19].
5. Die Bestimmung der Ubiquinone mittels Hochdruckflüssigkeitschromatografie (HPLC) liefert ein weiteres Differenzierungsschema. Ubiquinone sind normaler Bestandteil der Bakterienzellwand. Dabei werden die 9 bis 14 C-Atome langen Seitenketten des Ubiquinonrings durch die HPLC getrennt und ihre Elutionsmuster analysiert [16].

Serologische Methoden:

Die gebräuchlichsten Differenzierungsverfahren sind die DIF und indirekte Immunfluoreszenz sowie die Objektträgeragglutination mit Kaninchenantikörpern [7, 9, 20].

Über serologische Verfahren ist grundsätzlich die Zuordnung von Legionella-Isolaten auf Spezies und Serogruppenebene mit mono- und polyklonalen AK sowie eine weitere Subtypisierung mit monoklonalen AK möglich. Störend wirken sich besonders bei der Verwendung polyklonaler AK die zahlreichen, innerhalb des Genus Legionella bekannten Kreuzreaktivitäten aus, die nur z.T. durch Absorptionsverfahren beseitigt werden können. Schwierigkeiten bei der Identifizierung und Differenzierung ergeben sich auch bei der Isolierung noch unbekannter Legionella-Stämme, da typisierende AK gegen diese Isolate noch nicht verfügbar sind. Hier können molekulargenetische sowie weitere moderne, von der Serologie unabhängige Differenzierungsverfahren eingesetzt werden.

Physikalische Methoden:

Es darf beispielhaft auf ein neues nur in Speziallabors angewandtes Differenzierungsverfahren, die Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FT-IR-Sp), die im Robert-Koch-Institut in der Arbeitsgruppe Naumann, Labischinski, Giesbrecht entwickelt wurde, eingegangen werden [21]. Bei diesem physikalischen Verfahren können intakte Bakterien anhand ihrer FT-IR-Spektren identifiziert, differenziert bzw. klassifiziert werden. Die IR-Spektroskopie wird seit langem in der chemischen und pharmazeutischen Industrie zur Identifizierung von Reinsubstanzen und Gemischen eingesetzt. Mit

der Einführung der Fourier-Technik, die zu einer Erweiterung in der Anwendung führte, können komplexe Systeme und Makromoleküle wie Proteine, Nukleinsäuren, biologische Membranen sowie eukaryotische und prokaryotische Zellen anhand ihrer charakteristischen Spektren analysiert werden.

Die Abbildung 1 zeigt Spektren von *Clostridium perfringens* und *L. pneumophila* als Absorptionsspektren im spektralen Bereich zwischen 500 - 4000 Wellenzahlen (cm^{-1}). Auf den ersten Blick fällt die komplexe Struktur und prinzipielle Ähnlichkeit beider Spektren auf, die auf einer Ähnlichkeit der zellulären Bestandteile beider Keime beruht. Keimtypische Unterschiede finden sich jedoch in den Bereichen 4000 - 2800 und 1800 - 800 (cm^{-1}). Anhand umfassender Referenzdateien kann eine schnelle computergestützte Identifizierung unbekannter Erreger erfolgen. Durch Einsatz sog. spektraler Fenster und deren Kombination können verschiedene Stämme innerhalb einer Spezies differenziert werden.

Abbildung 2 zeigt die Spektren von 3 verschiedenen Serogruppen von *L. pneumophila* zusammen mit dem jeweiligen Referenzstamm an der Basis. Ausgeblendet ist der Bereich 1200 - 900 (cm^{-1}), in dem die Spektren von den Polysacchariden der Zellwand beherrscht werden.

Die Überlegenheit dieser Methode gegenüber serologischen Verfahren soll an einem Beispiel erläutert werden. Bei der FT-IR-Messung verschiedener *Legionella*-Kolonien aus einer Kultur erhielten wir unterschiedliche Spektren. Bei der genauen Betrachtung dieser Kultur im Plattenmikroskop fielen 2 farblich gering differente Kolonietypen auf.

Die isolierten Einzelkolonien zeigten nicht nur optische Unterschiede, sondern ebenso differente Seroreaktionen und unterschiedliche Infrarotspektren (Tabelle 3) [22].

Molekulargenetische Verfahren:

1. DNA-Hybridisierung. Die Bestimmung des Guanin-Cytosin-Gehaltes der Bakterien-DNA bildet die Grundlage für die taxonomische Einordnung der Legionellen. Obwohl der Verwandtschaftsgrad zwischen den einzelnen Spezies innerhalb des Genus *Legionella* unter optimalen Reassoziationsbedingungen zwischen 0 % und 67 % variiert, hielt man an nur einem Genus aufgrund des sehr ähnlichen Phänotypus sowie aufgrund gemeinsamer Merkmale (Metabolismus, essentielle Wachstumsstoffe, Ubiquinon- und Fettsäuregehalt) fest [3]. Einige Autoren befürworten jedoch die Einführung von 3 Genera: *Legionella*, *Fluoribacter* und *Tatlockia*. Aufgrund neuerer taxonomischer Studien unter Einsatz langer Sequenzen der 16 S ribosomalen RNA an 7 *Legionella* Spezies einschließlich *L. bozemanii* (*Fluoribacter bozemanii*) und *L. micdadei* (*Tatlockia micdadei*) konnten FRY und Mitarbeiter (London) einen hohen Verwandtschaftsgrad innerhalb der untersuchten *Legionella* Spezies belegen [23].
2. DNA und RNA-Gensonden: Gensonden können sowohl für die Differenzierung von Legionellen als auch für deren Nachweis in klinischem Material (und Umweltproben) eingesetzt werden. Die Sensitivität dieses Verfahrens übertrifft jedoch nicht die der DIF [24]. Ferner wurde von WILKINSON und Mitarbeitern über falsch positive Ergebnisse berichtet [25].

Weitere Verfahren, die eine Feindifferenzierung auf Spezies und Subspeziesebene erlauben und somit für epidemiologische Analysen nützlich sind, wurden erst in den letzten Jahren entwickelt und befinden sich z.Z. noch in der Erprobung. Erwähnt seien

3. Alloenzym-Muster unter Einsatz mehrerer Enzyme [26].
4. Die Restriktions-Endonuclease-Analyse der genetischen DNA (REA) [27].
5. Die Analyse des Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus mittels Southernblot-Hybridisierung (RFLP) [28]. Die Anwendung dieser Verfahren erfolgt häufig in Kombination mit biochemischen Analysen und der Typisierung mittels monoklonaler Antikörper. Eine solche "Clusteranalyse" erlaubt z.B. die Unterteilung bestimmter Typ-Stämme in weitere Untereinheiten.
6. Für die Typisierung von L. pneumophila, Serogruppe 1-Isolaten stehen zwei Sets monoklonaler AK, das internationale mit sieben und das Oxford-Panel mit drei AK zur Verfügung. Mit dem Oxford Set läßt sich der Pontiac-Typ, der als virulentester Legionella-Stamm angesehen wird, identifizieren [29, 30].
7. Die Polymerase-Ketten-Reaktion ist ebenfalls ein noch in der Entwicklung befindliches Verfahren, dessen Sensitivität und Spezifität mit den gegenwärtig verfügbaren "primern" anhand klinischer Materialien noch nicht überprüft ist.

Abschließend wird darauf hingewiesen, daß die in unserem Laboratorium kulturell isolierten Legionella-Stämme hinsichtlich der Prävalenz der einzelnen Typen die gleiche Häufigkeit zeigen, wie sie auch von anderen europäischen Laboratorien berichtet wurde (Tabelle 4).

Nachweis spezifischer Antikörper:

Die Tabelle 5 zeigt die gebräuchlichsten Routinemethoden für den Nachweis spezifischer gegen Legionellen gerichteter AK.

Serologische Methoden sind generell mit einigen Nachteilen gegenüber Verfahren zum Direktnachweis des Erregers behaftet. Nach heutiger Auffassung ist frühestens in der 2. Krankheitswoche mit einem Nachweis spezifischer, gegen Legionellen gerichteter AK zu rechnen. Nur etwa 2/3 der Patienten entwickeln im Test erfaßbare AK-Titer. Gleichbleibend hohe Einzeltiter erlauben keine Aussage über den Zeitpunkt einer Infektion.

Der von WILKINSON und Mitarbeitern beschriebene IFA kann mit hitze- oder formalinfixierten Antigenen durchgeführt werden, wobei für formalinfixiertes Antigen eine höhere Spezifität bei etwas niedrigeren AK-Titern beobachtet wurde [31]. Die Spezifität einer Serokonversion des mit hitzefixierten Antigenen durchgeführten IFA

wird von WILKINSON und Mitarbeitern in Abhängigkeit von der Anzahl eingesetzter Antigene mit 96 % bis 99 % angegeben. Mit dem IFA werden auf Grund von Antigengemeinschaften häufig Kreuzreaktionen innerhalb des Genus *Legionella* beobachtet. Die häufig geübte Praxis, aus der Art der nachgewiesenen AK Rückschlüsse auf den ätiologischen Keim zu ziehen, ist äußerst problematisch.

Der von BORNSTEIN, mit formalinfixiertem Antigen durchgeführte IFA bei 187 kulturell gesicherten Legionellosen ergab eine Korrelation zwischen isoliertem *Legionella*-Stamm und nachgewiesenen AK in weniger als 50 % der untersuchten Patienten.

Ferner bleibt das mögliche Vorliegen von Doppel- oder Mehrfachinfektionen zu berücksichtigen.

Neben dem IFA hat sich der Mikroagglutinationstest (MA) als geeignete Methode zur Erfassung spezifischer Antikörper gegen Legionellen etabliert [32]. Gegenüber dem IFA weist der MA eindeutige Vorteile auf. Er ist einfach, schnell durchführbar und weniger kostenintensiv. Bei etwa gleicher Spezifität und Sensitivität gegenüber dem IFA werden weniger häufig Kreuzreaktionen innerhalb des Genus *Legionella* beobachtet. In einer Studie wurden daher 130 positive Patientenserum parallel im IFA und im MA untersucht. Davon waren im IFA 120 positiv, während im MA 123 positiv ausfielen.

Der *Legionella*-Antigennachweis wird meistens im Urin durchgeführt, Bronchiallavagen und Liquores stellen ebenfalls geeignete Untersuchungsmaterialien dar. Bei Bronchial- und Trachealsekreten, Gewebekomogenaten und vor allem Pleuraexsudaten muß mit falsch positiven Resultaten auf Grund des hohen Proteingehaltes dieser Materialien gerechnet werden [33].

Methodisch werden Enzymimmunoassays, Radioimmunoassays, Co-Agglutinations- und Latexagglutinationsverfahren unter Verwendung von mono- oder polyklonalen AK eingesetzt [33, 34, 35].

Bei dem im Robert-Koch-Institut entwickelten Antigentest handelt es sich um einen Elisa-Test, der mit polyklonalen Antikörpern arbeitet. Die Sensitivität unseres Tests beträgt bei Zugrundelegung von 54 kulturellen Nachweisen 90 %, die Spezifität 97 %. Letztere errechnet sich aus 100 im Elisa getesteten Urinen von Harnwegsinfektionen. 3 Urine fielen positiv im *Legionella*-Antigentest aus.

Dem Antigennachweis kommt zur Früherkennung einer Legionellose insofern große Bedeutung zu, weil bereits häufig innerhalb der ersten Krankheitstage mit einem positiven Ausfall gerechnet werden kann.

Seit 1984 führen wir den Antigennachweis routinemäßig im Rahmen unserer *Legionella*-Diagnostik durch.

In den Jahren 1987 - 90, in denen repräsentative Zahlen an Untersuchungsmaterialien bearbeitet wurden, konnten jeweils ≥ 80 % der diagnostizierten *Legionella*-Infektionen über den *Legionella*-Antigennachweis im Urin erkannt werden. Tabelle 6 zeigt ferner die Anzahl untersuchter Patienten mit Verdacht auf eine Legionellose, die Absolutzahlen *Legionella*-positiver Patienten und den prozentualen Anteil *Legionella*-positiver Patienten in den Jahren 1987 - 90. Der prozentuale Anteil beträgt im Mittel 5,3 %. Die genannten Prozentzahlen an *Legionella*-positiven Patienten können jedoch allenfalls als

Durchschnittswerte hospitalisierter Kollektive unseres Einzugsgebietes angesehen werden.

Bei besonders empfänglichen Patienten, wie Organtransplantierten oder in anderer Weise Immunsupprimierten muß mit einem höheren Risiko für die Legionellose gerechnet werden.

Während einer 2-Jahresstudie konnten wir bei Herztransplantierten eine Inzidenz für die Legionellose von 17 % feststellen, während im gleichen Zeitraum und in derselben Klinik ein Kollektiv von Herzoperierten, das keiner Immunsuppression unterlag, eine Erkrankungshäufigkeit für die Legionellose von nur 4,7 % aufwies [36].

Literatur:

1. Bartlett, C.L.R., Macrea, A.D., and Macfarlane, J.T.: The family Legionellaceae. In: Legionella infections, London, Edward Arnold (1986), 1 - 10
2. McDade, J.E., Shepard, C.C., Fraser, D.W. et al.: Legionnaires' disease. Isolation of a bacterium and demonstration of its role in other respiratory disease. New England J. Med. 297 (1977), 1197 - 1203
3. Brenner, D.J., Steigerwalt, A.G., and McDade, J.E.: Classification of the Legionnaires' disease bacterium, genus novum, species nova of the family Legionellaceae, familia nova. Ann. Intern. Med. 90 (1979), 656 - 658
4. Benson, R.F., Thacker, W.L., Lanser, J.A. et al.: Legionella adelaidensis, a New Species Isolated from Cooling Tower Water. J. Clin. Microbiol. 29 (1991), 1004 - 1006
5. Fliermans, C.B.: Autecology of Legionella pneumophila. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Org. A. 255 (1983), 58 - 63
6. Jones, G.L., and Hébert, G.A.: "Legionnaires". The disease, the bacterium and methodology. HEW Publ. no. (CDC) 79 - 8375, May 1979
7. Dennis, P.J. Bartlett, C.L.R., and Wright, A.E.: Comparison of isolation methods for Legionella spp. Legionella: Proc. 2nd Int. Symposium. Amer. Soc. Microbiol., Washington, D.C., (1984), 294 - 296
8. Edelstein, P.H.: Laboratory diagnosis of infections caused by Legionellae. Europ. J. Clin. Microbiol. 6 (1987), 4 - 10
9. Vickers, R.M., Brown, A., and Garrity, M.: Dye-Containing Buffered Charcoal-Yeast Extract Medium for Differentiation of Members of the Family Legionellaceae. J. Clin. Microbiol. 13 (1981), 380 - 382

10. Bornstein, N.: Evaluation of various culture media for the detection of *Legionella*. Reported at the 6th Meeting of European Working Group on Legionella Infections. Elsinore, Denmark, May 27 - 29, 1991
11. Bopp, Ch.A., Sumner, J.W., Morris, G.K. et al.: Isolation of *Legionella* spp. from Environmental Water Samples by Low-pH Treatment and Use of a Selective Medium. *J. Clin. Microbiol.* 13 (1981), 714 - 719
12. Collins, M.T., Esperson, F., Hoiby, N. et al.: Cross-reactions between *Legionella pneumophila* (serogroup 1) and twenty-eight other bacterial species, including other members of the family Legionellaceae. *Infect. Immun.* 39 (1983), 1441 - 1456
13. Benson, R.F., Thacker, W.L., Plikaytis, B.B., and Wilkinson, H.W.: Crossreactions in *Legionella* antisera with *Bordetella pertussis* strains. *J. Clin. Microbiol.* 25 (1987), 594 - 596
14. Berdal, B.P., Hushovd, O., Olsvik, O. et al.: Demonstration of extracellular proteolytic enzymes from *Legionella* species strains using synthetic chromogenic peptide substrates. *Acta Pathol. Microbiol. Immunol. Scand. Sect. B.* 90 (1982), 119 - 123
15. Müller, H.E.: Enzymatic profile of *Legionella pneumophila*, *J. Clin. Microbiol.* 13 (1981), 423 - 426
16. Lambert, M.A., and Moss, C.W.: Cellular fatty acid compositions and isoprenoid quinone contents of 23 *Legionella* species. *J. Clin. Microbiol.* 27 (1989), 465 - 473
17. Ehret, W., and Ruckdeschel, G.: Membrane proteins of Legionellaceae. I. Membrane proteins of different strains and serogroups of *Legionella pneumophila*. *Zbl. Bakt. Mikrobiol. Hyg. A.* 259 (1985), 433 - 445
18. Steinmetz, I., Reinheimer, C., Hübner, I., and Bitter-Suermann, D.: Genusspecific epitope on the 60-Kilodalton *Legionella* heat shock protein recognized by a monoclonal antibody. *J. Clin. Microbiol.* 29 (1991), 346 - 353
19. Nolte, F.S., Conlin, C.A., and Motley, M.A.: Electrophoretic and serological characterization of the Lipopolysaccharides of *Legionella pneumophila*. *Inf. Imm.* 52 (1986), 676 - 681
20. Thacker, W.L., Plikaytis, B.B., and Wilkinson, H.W.: Identification of 22 *Legionella* spp. and 33 serogroups with the slide agglutination test. *J. Clin. Microbiol.* 21 (1985), 779 - 782

21. Helm, D., Labischinski, H., Schallehn, G., and Naumann, D.: Classification and identification of bacteria by Fourier-transform infrared spectroscopy. *J. Gen. Microbiol.* 137 (1991), 69 - 79
22. Horbach, I., Naumann, D., and Fehrenbach, F.J.: Simultaneous infections with different serogroups of *Legionella pneumophila* investigated by routine methods and Fourier-transform infrared spectroscopy. *J. Clin. Microbiol.* 26 (1988), 1106 - 1110
23. Fry, N.K., Warwick, S., Saunders, N.A. et al.: The use of 16 S ribosomal RNA analysis to investigate the phylogeny of the family *Legionellaceae*. *J. Gen. Microbiol.* 137 (1991), 1215 - 1222
24. Pasculle, A.W., Veto, G.E., Krystofiak, S. et al.: Laboratory and clinical evaluations of a commercial DNA probe for the detection of *Legionella* spp. *J. Clin. Microbiol.* 27 (1989), 2350 - 2358
25. Laussucq, S., Schuster, D., Alexander, W.J. et al: False-positive DNA probe test for *Legionella* species associated with a cluster of respiratory illnesses. *J. Clin. Microbiol.* 26 (1988), 1442 - 1444
26. Selander, R.K., McKinney, R.M., Whittam, T.S. et al.: Genetic structure of populations of *Legionella pneumophila*. *J. Bacteriol.* 163 (1985), 1021 - 1037
27. van Ketel, R.J.: Similar restriction endonuclease profiles in strains of *Legionella pneumophila* from different serogroups. *J. Clin. Microbiol.* 26 (1988), 1838 - 1841
28. Harrison, T.G., Saunders, N.A., Haththotuwa, A. et al.: Phenotypic variation amongst genotypically homogenous *Legionella pneumophila* serogroup 1 isolates: implications for the investigation of outbreaks of Legionnaires' disease. *Epidemiol. Infect.* 104 (1990), 171 - 180
29. Joly, J.R., Mc Kinney, R.M., Tobin, J.O., Bibb, W.F., Watkins, I.D., and Ramsay, D.: Development of a Standardized Subgrouping Scheme for *Legionella pneumophila* Serogroup 1 Using Monoclonal Antibodies. *J. Clin. Microbiol.* 23 (1986), 768 - 771
30. Ribeiro, C.D., Burge, S.H., Palmer, S.R. et al.: *Legionella pneumophila* in a hospital water system following a nosocomial outbreak: prevalence, monoclonal antibody subgrouping and effect of control measures. *Epidemiol. Infect.* 98 (1987), 253 - 262

31. Wilkinson, H.W., Fikes, B.J., and Cruce, D.: Indirect immunofluorescence test for serogroup diagnosis of Legionnaires' disease evidence for serogroup diversity of Legionnaires' disease bacterial antigens and multiple specificity of human antibodies. *J. Clin. Microbiol.* 9 (1979), 379 - 383
32. Lind, K., Collins, M.T., and Aalund, O.: Comparison of a microagglutination test and the indirect immunofluorescence test for Legionella antibodies in patients. *Acta Pathol. Microbiol. Immunol. Scand. Sect. B Microbiol.* 92 (1984), 195 - 200
33. Fehrenbach, F.J., Horbach, I., Ruf, B. et al.: Rapid detection of Legionella antigen in tissues and bodyfluids. *Israel J. Med. Sci.* 22 (1986), 706 - 710
34. Berdal, B.P., Farshy, C.E., and Feeley, J.C.: Detection of Legionella pneumophila antigen in urine by enzyme-linked immunospecific assay. *J. Clin. Microbiol.* 9 (1979), 575 - 578
35. Sathapatayavongs, B., Kohler, R.B., Wheat, L.J., White, A., Winn, W.C. Jr., Girod, J.C., and Edelstein, P.H.: Rapid diagnosis of legionnaires' disease by urinary antigen detection. *Am. J. Med.* 72 (1982), 576 - 582
36. Horbach, I., and Fehrenbach, F.J.: Legionellosis in Heart Transplant Recipients. *Infection* 18 (1990), 361 - 364

Tab. 1: Häufigkeit einer Legionella-Anzucht aus Patientenmaterial bei paralleler Anlage auf verschiedenen Medien

Material	BCYE α	BCYE α HCL/KCL	GCVP	GCVP HCL/KCL	BMPA α	MWY
angelegt	39	39	45	45	37	34
positiv	31	32	29	32	34	30
%positiv	79	82	64	71	92	88

Robert-Koch-Institut 1990

Tab. 2: Nachweishäufigkeit von Legionella pneumophila in verschiedenen Untersuchungsmaterialien von Patienten mit Verdacht auf eine Legionellose mittels Kultur und direkter Immunfluoreszenz

Material	Zahl der Proben	Zahl positiver Ergebnisse	Nachweishäufigkeit in %
Sputen	189	8	4,2
Trachealsekrete	43	5	11,7
Bronchialabsaugungen und -lavagen	27	5	18,5
Lungenautopsien und -biopsien	54	12	22,2

Tab. 3: Nachweis unterschiedlicher *L. pneumophila*-Isolate in Doppel- und Mehrfachinfektionen

Patientenisolate	DIF	Objektträger-Agglutination	FT-IR*-Spektroskopie
B 1	1 +++++	1 +	Lp 1
B 2	4 +++++	4 +	Lp 4
B 3	4,8 +++++	4,8 neg.	Lp 4
B 4	5 +++++	5 (+)	Lp 10
C 1	1 +++++	1 +	Lp 1
C 2	4 +++++	4 +	Lp 4
D 1	1 +++++	1 +	Lp 1
D 2	4 +++++	4 +	Lp 4
J 1	1 +++++	1 +	Lp 1
J 2	1 ++	1 +	Lp 1
J 3	3 +++++	3 (+)	Lp 3

*FT-IR-Spektroskopie: Fourier Transform Infrarot-Spektroskopie

Tab. 4: Prozentuale Häufigkeit der isolierten Serogruppen von *Legionella pneumophila* im Robert-Koch-Institut (September 1991)

<i>Legionella</i> species	Serogruppe	in Isolierungen	%
<i>L. pneumophila</i>	Serogruppe 1	76	80
<i>L. pneumophila</i>	Serogruppe 2 - 12	14	20
andere <i>Legionella</i> species		ϕ	ϕ

Tab. 5: Nachweis von Legionella-Antikörpern

1. Indirekter Immunfluoreszenztest (IFA)
 positiv: Einzeltiter $\geq 1:256$
 paarige Seren mit 4-fachen Titeranstieg
 auf $\geq 1:128$
2. Mikroagglutinationstest (MA)
3. ELISA
4. Indirekter Hämagglutinationstest (IHA)

Tab. 6: Patienten zur Untersuchung auf Legionella-Infektionen am Robert-Koch-Institut

	1987	1988	1989	1990
Anzahl der Patienten	1590	2095	2557	2730
positive Patienten	90	102	156	130
% positive Patienten	5,7	4,8	6,1	4,8
mittels Urin-Elisa diagnostizierte Legionellosen in %	82	81	81	95

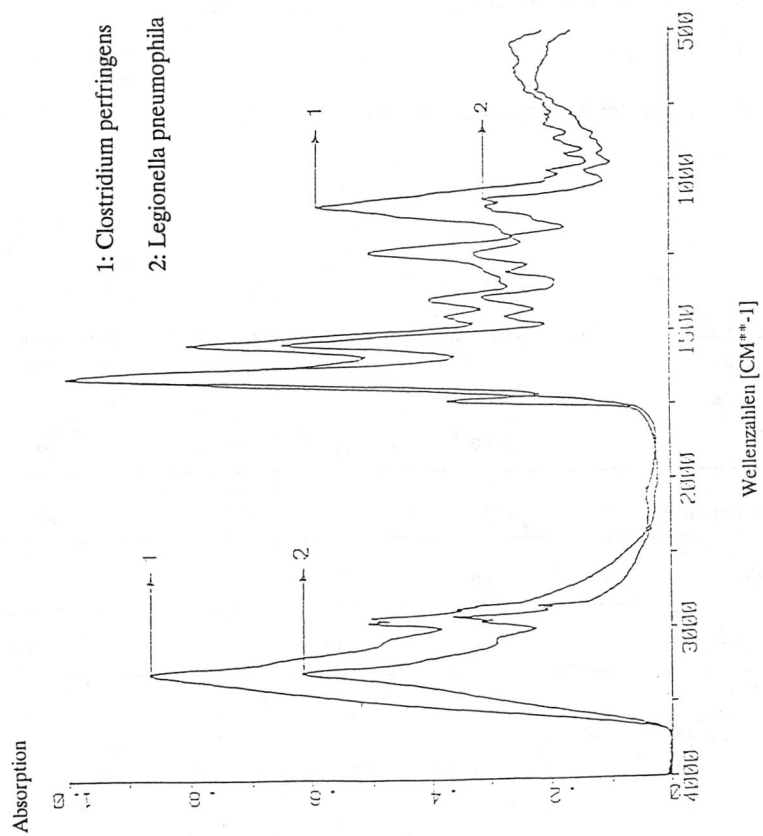


Abb. 1: Infrarot-Spektren unterschiedlicher Bakterien

Serogruppe 4 Serogruppe 1 Serogruppe 10

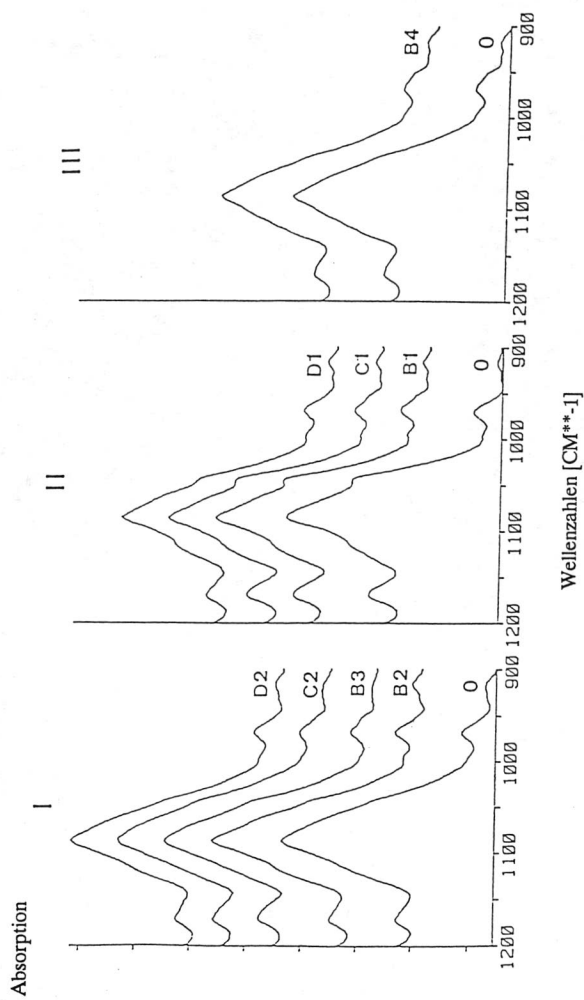


Abb. 2: Charakteristische spektrale Konturen einiger *Legionella pneumophila* Isolate

Zur Epidemiologie der Legionellosen

P.Ch. Lück u. J.H. Helbig

Einleitung

Legionellen sind weit verbreitete Wasserbakterien, die häufig aus Warmwassersystemen, Klimaanlage, Bädern, Beatmungs- und Inhalationsapparaten, Rückkühlwerken, Eismaschinen, Dentaleinrichtungen und vielen anderen aquatischen Habitaten isoliert werden können [1 - 9]. Als Krankheitserreger wurden sie erstmals nach der denkwürdigen Epidemie von Philadelphia aus dem Jahr 1976 beschrieben [10, 11]. Erkrankungen durch Legionellen traten jedoch schon früher auf. Die früheste retrograd diagnostizierte Erkrankung stammt aus dem Jahr 1943. Aufgrund der schlechten Anfärbbarkeit in klinisch-mikrobiologischen Untersuchungsmaterialien und ihrer ungewöhnlichen Ansprüche an künstliche Nährmedien blieben Legionellen jedoch lange Zeit unentdeckt.

Die Familie der Legionellaceae umfaßt heute 37 Spezies mit insgesamt 56 Serogruppen (Tab. 1). Diese Aufstellung wird sicher bald wieder zu erweitern sein, da weitere Spezies und Serogruppen zu erwarten sind. Sowohl bei den Umwelt- als auch bei den klinischen Isolaten stellt Legionella pneumophila und hierbei besonders Serogruppe 1 den größten Anteil. Die meisten der aufgeführten Legionella-Arten sind als humanpathogen beschrieben und es ist anzunehmen, daß auch die z.Z. nur als Umweltkeime bekannten Legionellen als Erreger von respiratorischen Erkrankungen und/oder Pneumonien in Erscheinung treten.

Epidemiologie der Legionellosen

Es kann als sicher angesehen werden, daß Legionellen aus den besiedelten oder kontaminierten Wassersystemen auf den Menschen übertragen werden (Tab. 2). Ob eine alimentäre Infektion über legionellenhaltiges Trinkwasser möglich ist, gilt nicht als sicher, obwohl es von einigen Autoren diskutiert wird [1]. Man kann sicher davon ausgehen, daß zumindest die meisten Infektionen durch die Übertragung Legionella-haltiger Aerosole entstehen. Eine Übertragung der Legionellen von infizierten Patienten auf andere Personen wurde bisher nicht beschrieben und gilt als wenig wahrscheinlich [12].

Im folgenden soll die Epidemiologie der Legionellosen in drei Teilabschnitten behandelt werden: Ökologie der Erreger, Übertragung und Erkrankung bei Menschen.

Ökologie der Legionellen

Die komplexen Vorgänge der Ökologie von Legionellen in Wassersystemen sind heute nur zum Teil bekannt. Eine Vielzahl von Faktoren beeinflussen das Ansiedeln und Überleben der Legionellen in Wassersystemen (Tab. 3). Zu nennen sind Protozoen, insbesondere Amöben der Gattungen *Hartmanella* und *Acanthamoeba*, aber auch Ziliaten, wie z.B. *Tetrahymena pyriformis* [13 - 15]. Weitere Einflußfaktoren sind andere Bakterien, die antagonistisch, aber auch synergistisch wirken, Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffpartialdruck und Materialeigenschaften in den Wassersystemen [16 - 18]. Welche Bedeutung einzelnen dieser Faktoren zukommt, ist nur in Ansätzen bekannt.

Sicher ist, daß sich Legionellen in Wasserprotozoen vermehren können. Auf diese Weise gelingt es ihnen, schädliche Umwelteinflüsse unbeschadet zu überstehen. Es konnte in experimentellen Untersuchungen gezeigt werden, daß *Legionella pneumophila* in Amöbenzysten einen Chlorgehalt bis zu 50 ppm überstehen kann [19]. Möglicherweise erwerben die Legionellen durch das Wachstum in den Protozoen die Fähigkeit zum intrazellulären Parasitismus. Auf diese Weise werden sie in die Lage versetzt, auch Eukariontenzellen zu befallen und sich z.B. in Alveolarmakrophagen zu vermehren [20].

Nur ansatzweise ist bisher die Frage geklärt, ob Legionellen in den Wassersystemen Veränderungen unterliegen oder nicht bzw. welche Faktoren dies bewirken. Untersuchungen zur Konstanz oder Variabilität von *Legionella*-Populationen aus Warmwassersystemen über einen längeren Zeitraum mittels genetischer und phänotypischer Feintypisierung erbrachten unterschiedliche Resultate. So konnten von EDELSTEIN et al. [21] und PFALLER et al. [22] aus den USA Veränderungen unter den Legionella-Stämmen aus den Krankenhauswassersystemen gefunden werden. In beiden Fällen waren Erradikationsmaßnahmen zur Beseitigung der Legionellen vorausgegangen. Andere Untersuchungen [23 - 25] zeigten jedoch eine Konstanz der Legionella-Population in den Wasseranlagen.

Obwohl die Legionellen weit verbreitet in der Umwelt vorkommen, treten sie als Pneumonieerreger nur relativ selten in Erscheinung. Relativ selten heißt nicht, daß die geschätzten 6000 - 10000 Pneumonien pro Jahr in Deutschland wenig sind, aber im Verhältnis zum ubiquitären Vorkommen der Legionellen ist die Erkrankung eher als selten zu bezeichnen. Es muß folglich Mechanismen geben, welche die harmlosen Kontaminanten in gefährliche Erreger 'umwandeln, bzw. es müssen definierte Virulenzunterschiede zwischen einzelnen *Legionella*-Klonen bestehen. So fanden BOLLIN et al. [26], daß ein bestimmter monoklonaler Subtyp von *L. pneumophila* Serogruppe 1, der für die Erkrankungen während einer nosokomialen Epidemie verantwortlich war, eine höhere Virulenz (niedrige LD₅₀ für das Meerschweinchen) aufwies als ein anderer Subtyp aus dem gleichen Wassersystem. Bisher konnte jedoch kein eindeutiger genetischer und/oder phänotypischer Marker gefunden werden, der es auf einfache Art und Weise gestattet, bei Umweltisolaten eine Unterscheidung in hoch-,

gering- oder avirulente Stämme vorzunehmen, wodurch eine bessere Abschätzung des hygienischen Risikos durch Legionellen in den verschiedenen Wasseranlagen möglich wäre. Hierzu sind bisher nur Tiermodelle oder Zell- bzw. Protozenkulturen begrenzt in der Lage. Da dies methodische und juristische Grenzen hat, muß man heute jedes Auftreten von Legionellen, besonders in hohen Keimzahlen und/oder in der Nähe abwehrgeschwächter Personen, sehr ernst nehmen.

Übertragung von Legionellen

Es gilt als sicher, daß Legionellen durch erregerrhaltige Aerosole auf den Menschen übertragen werden. Eine Partikelgröße von $\leq 5 \mu\text{m}$ ist lungengängig und erlaubt den direkten Eintritt der Legionellen in die Lunge. Es konnte unter Praxisbedingungen gezeigt werden, daß solche Aerosole z.B. beim Duschen entstehen [27]. Bei den meisten Untersuchungen von Legionellose-Ausbrüchen konnte durch Tracer-Studien eine Übertragung gesichert oder zumindest wahrscheinlich gemacht werden. Die Übertragung von Legionellen aus Rückkühlwerken soll bis zu einer Entfernung von 3,2 km möglich sein [28]. In den meisten Fällen wird der Abstand jedoch gering sein.

Weitgehend unklar ist z.Z. noch, warum bei der Übertragung von Legionellen manchmal eine Pneumonie in anderen Fällen jedoch nur ein leichter respiratorischer Infekt ohne Lungenbeteiligung, das sog. Pontiac-Fieber, entsteht. Da das gleichzeitige Auftreten beider Formen nach Exposition am gleichen Wassersystem beschrieben wurden [9, 29], ist ein stammbedingter Virulenzunterschied als alleinige Ursache wenig wahrscheinlich. Eine Reihe von Besonderheiten bei der Legionellenübertragung können hingegen mit der "little and large particle" Theorie von T.J. ROWBOTHAM erklärt werden [30]. Diese Theorie geht davon aus, daß Legionellen sich in Amöben oder anderen Einzellern vermehren, von dort als infektiöse Legionellen ins Wasser abgegeben werden und nach etwa 24 Stunden nichtinfektiös werden. Werden nun viele einzelne Legionellen (little particles) inhaliert, so entsteht das Pontiac-Fieber. Bei Aufnahme einer mit Legionellen gefüllten Amöbe (large particle) kommt es dagegen zur Legionella-Pneumonie. Dies würde auch erklären, warum die Legionella-Pneumonie typischerweise mit einem Lungenherd beginnt. Ein diffuses Aerosol müßte eine multifokale Pneumonie zur Folge haben. Andererseits läßt sich mit dieser Theorie nicht erklären, warum in vielen Epidemien eine klinische Erscheinungsform der Legionellose überwiegt. Es ist schwer vorstellbar, daß in einem Wassersystem eine klare zeitliche Trennung von little und large Partikel-Phasen auftritt.

Um eine Übertragung von Legionellen aus einem Reservoir auf Menschen nachweisen zu können, ist ein subtiler Vergleich von Patienten und Umweltsisolaten notwendig. Ergeben diese Subtypisierungen gleiche Muster, so kann mit sehr großer Wahrscheinlichkeit von einer Übertragung ausgegangen werden. Zur Subtypisierung werden eingesetzt: Monoklonale Antikörper, Restriktionsmuster genomischer oder Plasmid-DNA, Restriction Fragment Length Pattern, Isoenzymmusteranalyse [4 - 6, 7, 21 - 25, 28, 31, 32]. Für Serogruppe 1 von Legionella pneumophila hat sich die Typisierung mit monoklonalen Antikörpern bewährt. Bisher lassen sich 12 antigene Varianten unter-

scheiden. Wir können mit insgesamt 7 monoklonalen Antikörpern gegenwärtig 10 Subtypen unterscheiden. Der große Vorteil eines monoklonalen Subtypisierungsverfahrens besteht in der einfachen technischen Durchführbarkeit und in der Möglichkeit direkt Patientenmaterialien zu typisieren. In mehreren Studien [38, 39] konnte gezeigt werden, daß bestimmte Subtypen signifikant häufiger unter Patientenisolaten gegenüber Umweltstämmen zu finden sind. Diese Stämme besitzen eine Lipopolysaccharid-Struktur an ihrer Zelloberfläche, die durch bestimmte monoklonale Antikörper erkannt wird. Ob es sich hierbei um einen "virulenz-assoziierten" Marker, um einen Aktivierungszustand der Legionellen [39] oder nur um einen statistischen Zufall handelt, bedarf noch weiterer Untersuchungen. Andererseits gibt es aber auch Erkrankungen durch andere Subtypen, so daß die Reaktivität mit diesem monoklonalen Antikörper nicht als Virulenzmarker schlechthin zu bezeichnen sein dürfte (Tab. 4). So konnten wir die Stämme eines nosokomialen Ausbruchs aus Lübeck mit insgesamt 3 Erkrankten, von denen 2 verstarben, als Bellingham-Subtyp bestimmen; gleicher Subtyp wurde auch im Warmwassersystem gefunden [32]. Bei einem weiteren nosokomialen Fall in einer neonatologischen Intensivtherapiestation wurde der Bellingham-Subtyp bei einem klinischen und bei Isolaten aus dem Befeuchtungswasser des Inkubators gefunden. Dorthin gelangte er aus dem Warmwassersystem, das wir ebenfalls mit diesem Subtyp kolonisiert fanden.

Andere Serogruppen und Spezies lassen sich in nur wenige antigene Subtypen unterteilen, so daß andere Verfahren zur Subtypisierung notwendig werden. Wir konnten z.B. mit dem Not-I-Spaltmuster nach Puls-Feld-Gel-Elektrophorese wenigstens 6 Subtypen von *Legionella pneumophila* Serogruppe 6 bestimmen. Mit monoklonalen Antikörpern waren dagegen nur zwei antigene Varianten zu finden [25]. Wünschenswert ist immer, mehrere Subtypisierungstechniken zu kombinieren.

Erkrankungen durch Legionellen

Legionellosen lassen sich aufgrund der Lokalisation, an der die Infektion entstand, in ambulant erworbene und nosokomiale unterscheiden. Definitionsgemäß gilt bei einer Inkubationszeit von 2 - 10 Tagen jede Legionella-Pneumonie, die nach Ablauf dieser Zeit in einer Klinik oder nach Entlassung erworben wurde, als nosokomial. Je nach Anzahl der Exponierten, der Virulenz und anderer Faktoren kann es zu sporadischen Einzel-erkrankungen, zu kleinen Häufungen oder zu Epidemien kommen. Diese können zeitlich begrenzt sein, aber auch über Jahre andauern. Letztgenannte Ereignisse sind immer sehr spektakulär und dienen hervorragend zur Aufklärung epidemiologischer Zusammenhänge. Einige Beispiele (Tab. 5. u. 6) sollen zeigen, daß Legionella-Epidemien z.T. große Unterschiede hinsichtlich Dauer, Manifestationsrate, Letalität, Infektionsquelle und verursachender Legionella-Spezies aufweisen. Damit soll demonstriert werden, daß sich jeder Schematismus bei der Untersuchung solcher Häufungen verbietet.

Die einzige bisher von uns diagnostizierte Häufung von Legionellosen ereignete sich in einer Polizeikaserne (Tab. 7). Dort erkrankte ein 22-jähriger junger Mann an einer atypischen Pneumonie, die von uns durch Antikörpernachweis als Legionellose durch

Legionella pneumophila Serogruppe 1 diagnostiziert wurde. Er hatte 10 Tage vorher seinen Wehrdienst begonnen. Da Wehrpflichtige in der ehemaligen DDR während der ersten 6 Wochen des Wehrdienstes die Kaserne nicht verlassen durften, mußte mit großer Wahrscheinlichkeit die Infektionsquelle im Kasernengelände vermutet werden. Sollte dies der Fall sein, so wären möglicherweise noch weitere Infizierte zu finden. Durch nachfolgende Antikörper- und Antigenbestimmungen bei acht weiteren Wehrpflichtigen konnten noch zwei als Pontiac-Fieber verlaufende Legionellosen entdeckt werden. Ohne das in anderen Ländern erfolgreich verwirklichte aktive "Surveillance" [15] wäre diese Häufung unentdeckt geblieben und als sporadische Legionella-Pneumonie erfaßt worden. Einige Monate später konnten wir Legionella pneumophila Serogruppe 1 aus dem Warmwassersystem isolieren. Der monoklonale Subtyp aller 22 getesteten Kolonien war Philadelphia. Diese Stämme trugen das "Virulenz-assoziierte Epitop". Hierdurch wird das Warmwassersystem als Infektionsquelle sehr wahrscheinlich. Begünstigend für diesen Ausbruch war möglicherweise, daß der Gebäudeteil, in dem die Erkrankungen auftraten, etwa zwei Wochen ungenutzt war. Hierdurch kann es durch Stagnation zu einer starken Verkeimung mit Legionellen in den Duschen und Warmwasserleitungen gekommen sein.

Die größte Zahl der Erkrankungen wird jedoch überall als sporadische Einzelerkrankung erfaßt. Diese stellen auch fast alle der von uns diagnostizierten Erkrankungen.

Da das klinische Bild der Legionella-Pneumonie keineswegs typisch für diese Erkrankung ist, kommt der mikrobiologischen Diagnostik eine entscheidende Rolle zu. Wir setzen z.Z. den indirekten Immunofluoreszenztest (IFAT) zum Antikörpernachweis gegen L.pneumophila Serogruppe 1- 6, L.micdadei, L.bozemanii Serogruppe 1, L.dumoffii, L.jordanis und L.longbeachae Serogruppen 1 und 2 ein [33]. Um die Spezifität unseres IFAT zu erhöhen, absorbieren wir reaktive Seren gegen einen E.coli- "Fluid" und testen sie erneut. Zum Antigennachweis in respiratorischen Untersuchungsmaterialien benutzen wir FITC-markierte polyklonale Kaninchen-Antikörper gegen L.pneumophila Serogruppen 1 - 6, L.micdadei, L.bozemanii und L.jordanis [34]. Außerdem kommt eine Mischung von monoklonalen Antikörpern, die alle Serogruppen außer den seltenen Sg 7 und 11 von L.pneumophila erfassen, zum Einsatz. Zum Nachweis des im Urin ausgeschiedenen Antigens benutzen wir zwei ELISA-Teste [35, 36]. Beide arbeiten mit dem gleichen polyklonalen anti-L.pneumophila (Serogruppe 1)-Antikörper als Fangantikörper. Im ersten wird der gleiche Antikörper als Peroxidase-Konjugat, im zweiten ein monoklonaler Antikörper gegen alle Subtypen von L.pneumophila Serogruppe 1 und ein POD-markierter anti-Maus Antikörper zur Detektion eingesetzt. Legionella-Kulturen werden mit und ohne Hitzebehandlung auf Antibiotika-haltigem ACES-gepufferten Aktivkohle-Hefeextrakt-Agar angelegt.

Ausgehend von den mikrobiologischen Ergebnissen definieren wir eine Legionellose als bestätigt, bei:

- einer signifikanten Antikörperdynamik,
- einer positiven Kultur und
- einem hohen Antikörpertiter und positiven Antigennachweis im Urin und/oder respiratorischen Untersuchungsmaterialien.

Eine Legionellose wird vermutet, wenn wir bei entsprechender Klinik einen hohen Antikörpertiter nachweisen können.

Die Antikörperprävalenz bei Gesunden im Raum Dresden kann als relativ gering eingeschätzt werden (Tab. 8). Schlüsselt man dies auf die einzelnen Antigene auf, so kann man feststellen, daß gegen alle Antigene Antikörper nachweisbar waren. Interessanterweise lassen sich gegen Legionella micdadei im Vergleich zu anderen Spezies und Serogruppen im Dresdner Raum häufiger Antikörper finden. In Eberswalde, nordöstlich von Berlin, waren hingegen häufig Antikörper gegen Legionella bozemanii nachweisbar. Diese Untersuchungen unterstreichen die Notwendigkeit regionaler Antikörperprävalenzstudien, auch um signifikante Einzeltiter besser beurteilen zu können.

Bei zwei Risikogruppen für Legionellosen (Asthma-Patienten und Knochenmarkstransplantat-Empfänger ohne respiratorische Symptomatik) fanden wir keine höhere Antikörperprävalenz.

Anders bei Zahnärzten, die an Legionella pneumophila Serogruppe 6 kontaminierten Dentaleinheiten arbeiteten. Sie hatten signifikant häufiger Antikörper gegen diese Serogruppe. Antikörper gegen andere Serogruppen waren hingegen nicht häufiger zu finden. Dennoch kann das Infektionsrisiko durch Dentaleinheiten hier als gering eingeschätzt werden. Bei 190 Legionellose-Fällen aus unserem Untersuchungsgut war bei keinem 14 Tage vor Erkrankung eine zahnärztliche Behandlung zu eruieren.

Unter Beachtung der o.g. Falldefinition und bei Beachtung von Kreuzreaktionen zwischen verschiedenen Serogruppen und Spezies, auch von uns nicht getesteten, lassen sich aus unserem Untersuchungsgut folgende Daten ableiten:

Aufgrund der Reaktivität unserer Testantigene kann auch für den Raum Dresden Legionella pneumophila Serogruppe 1 als der häufigste Erreger einer Legionellose angesehen werden. Aber auch andere Serogruppen von L. pneumophila ließen sich als Erreger nachweisen. Etwa 30 % entfallen auf Non-pneumophila Spezies (Tab. 9). Diese Ergebnisse rechtfertigen somit den Aufwand, der durch den Einsatz von mehreren Testantigenen entsteht.

Die Häufigkeit von Legionellosen ist seit 1983, als wir mit der Diagnostik begannen, etwa konstant geblieben (Tab. 10). Sie schwankt zwischen etwa 3 und 6 %. Hierbei ist auffällig, daß die Anzahl der nosokomialen Legionellosen sicher viel zu gering ist. Dafür kommen mehrere Gründe in Frage. Nicht aus allen Untersuchungsanträgen ist ersichtlich, ob es sich um im Krankenhaus erworbene Pneumonien handelt. Weiterhin ist unser Patientengut nur selten in Hochrisikobereichen, wie Transplantationszentren angesiedelt. In Dresden wird ein solches Zentrum gerade aufgebaut. Sicherlich ist auch die Aufmerksamkeit der Kliniker noch nicht im ausreichendem Maße auf dieses Problem gerichtet. Interessant ist, daß bei 7 nosokomialen Legionellosen ein chirurgischer Eingriff vorausgegangen war. Bisher konnten wir nur 3 Reise-assoziierte Fälle beobachten. Aufgrund der früher nicht vorhandenen Reisemöglichkeiten, besonders in die Mittelmeerländer, verwundert dies jedoch nicht.

Die Altersverteilung (Tab. 11) zeigt das auch von vielen anderen Arbeitsgruppen beschriebene Bild. Der typische Legionella-Pneumonie Patient ist über 50 Jahre alt und männlich. Natürlich sind auch andere Altersgruppen vertreten. Unser jüngster Patient ist das schon erwähnte Neugeborene, das etwa 2 Wochen nach der Geburt an einer noso-

komialen Legionella-Pneumonie erkrankte. Insgesamt erkrankten Kinder aber sehr selten an einer Legionellose.

Die saisonale Verteilung (Tab. 12) läßt nur in der Tendenz einen Spätsommer/Herbstgipfel erkennen. Rechnet man die Häufigkeit auf die Einsendungen um, so zeigt sich, daß dieser Zeitraum eine über dem Jahresdurchschnitt liegende relative Häufigkeit aufweist. Für das Fehlen einer deutlichen Inzidenzzunahme im Sommer/Herbst kommen als Erklärung unter anderem das Fehlen von sog. "Kühltürmen" im Osten Deutschlands und die geringe Zahl von Reise-assoziierten Fällen in Frage. In unserem Gebiet ist sicher die Warmwasserversorgung als wichtigste Infektionsquelle anzunehmen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß sich die Epidemiologie der Legionellosen im Osten Deutschlands nur unwesentlich von der in anderen Gebieten unterscheidet. Obwohl bereits ein sehr großes Wissen auf diesem Gebiet gesammelt wurde, bedürfen noch viele Fragen, besonders der Ökologie und der Virulenz von Legionellen einer Klärung.

Literatur

1. Muder, R.R., Yu, V.L. u. Zuravleff, J.J.: Mode of transmission of *Legionella pneumophila*: A critical review. Arch. Intern. Med. 146 (1986), 1607 - 1612
2. Stout, J.E., Yu, V.L. u. Mucara, P.: Isolation of *Legionella pneumophila* from the cold water of hospital ice machines: Implication for origin and transmission of the organism. Infect. Control 6 (1985), 141 - 146
3. Mastro, T.D., Fields, B.S., Breiman, R.F., Campbell, J., Plikaytis, B.D. u. Spika, J.S.: Nosocomial Legionnaires' disease and use of medication nebulizers. J. Inf. Dis. 163 (1991), 667 - 671
4. O'Mahony, M.C., Stanwell-Smith, R.E., Tillett, H.E., Harper, D., Hutchinson, J.G.P., Farrell, I.D., Hutchinson, D.N., Lee, J.V., Dennis, P.J., Duggal, H.V., Scully, J.A. u. Denne, C.: The Stafford outbreak of Legionnaires' disease. Epidemiol. Infect. 104 (1990)
5. Ruf, B., Schürmann, D., Horbach, I., Seidel, K. u. Pohle, H.D.: Nosocomial *Legionella pneumonia*: Demonstration of potable water as the source of infection. Epidemiol. Infect 101 (1988), 647 - 654
6. Joly, J.R., Dérry, P., Gauvreau, L., Coté, L. u. Trépanier, C.: Legionnaires' disease caused by *Legionella dumoffii* in distilled water. Can. Med. Assoc. J. 135 (1986), 1274 - 1277

7. Garbe, P.L., Davis, B.J., Weisfeld, J.S., Markowitz, L., Miner, P., Garrity, F., Barbaree, J.M. u. Reingold, A.L.: Nosocomial Legionnaires' disease - epidemiologic demonstration of cooling towers as a source. J. Am. Med. Ass. 254 (1985), 521 - 524
8. Girod, A.C., Reichmann, R.C., Winn, W.C., Klauke, D.N., Vogt, R.L. u. Dolin, R.: Pneumonic and non-pneumonic forms of legionellosis: The result of a common source exposure to *Legionella pneumophila*. Arch. Intern. Med. 142 (1982), 545 - 547
9. Lück, P.Ch., Seidel, S., Helbig, J.H., Pilz, C., Witzleb, W., Voigt, I. u. Henke, T.: Anzucht von *Legionella pneumophila* aus Wasserproben stomatologischer Behandlungseinheiten. Z. Klin. Med. 45 (1990), 247 - 249
10. McDade, J.E., Shepard, C.C., Fraser, D.W., Tsai, T.F., Redus, M.A., Dowdle, W.R. and the laboratory investigation team. Legionnaires' disease: Isolation of a bacterium and demonstration of its role on other respiratory disease. N.Engl. J.Med. 297 (1977), 1197 - 1203
11. Fraser, D.W., Tsai, T.R., Orenstein, W., Parkin, W.E., Beecham, H.J., Sharrar, R.G., Harris, J., Mallison, G.F., Martin, S.M., McDade, J.E., Shepard, C.C., Brachman, P.S. and the field investigation team: Legionnaires' disease: Description of an epidemic of pneumonia. N.Engl.J.Med. 297 (1977), 1189 - 1197
12. Yu, V.L., Zuravleff, J., Gavlik, L. u. Magnussen, M.H.: Lack of evidence for person to person transmission of Legionnaires' disease. J. inf. Dis. 147 (1983), 362
13. Fields, B.S., Sanden, G.S., Barbaree, J.M., Morrill, W.E., Wadowsky, R.M., White, E.H. u. Feeley, J.C.: Intracellular multiplication of *Legionella pneumophila* in amoebae isolated from hot water tanks. Curr. Microbiol. 18 (1989), 131 - 137
14. Barbaree, J.M., Fields, B.S., Feeley, J.C., Gorman, G.M. u. Martin, W.T.: Isolation of Protozoa from Water associated with a legionellosis outbreak and demonstration of intracellular multiplication of *Legionella pneumophila*. Appl. Environ. Microbiol. 51 (1986), 422 - 424
15. Bartlett, C.L.R., Macrae, A.D. u. Macfarlane, J.T.: *Legionella* Infections. Edward Arnold, London, 1986
16. Toze, S., Sly, L.S., McRae, I.C. u. Fuerst, J.A.: Inhibition of growth of *Legionella* species by heterotrophic plate count bacteria isolated from chlorinated drinking water. Curr. Microbiol. 21 (1990), 139 - 143

17. Stout, J.E., Yu, V.L. u. Best, M.G.: Ecology of *Legionella pneumophila* within water distribution systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 221 - 228
18. Wadowsky, R.M., Yee, R.B. u. McNamara A.M.: Effect of temperature, pH, and oxygen level on the multiplication of naturally occurring *Legionella pneumophila* in potable water. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 1197 - 1205
19. Kilvington, S. u. Price, J.: Survival of *Legionella pneumophila* within cysts of *Acanthamoeba polyphaga* following chlorine exposure. *J. Appl. Bacteriol.* 68 (1990), 519 - 525
20. Horvitz, M.A. u. Silverstein, S.C.: Legionnaires' disease bacterium (*Legionella pneumophila*) multiplies intracellularly in human monocytes. *J. Clin. Invest.* 66 (1980) 441 - 450
21. Edelstein, P.H., Nakahama, C., Tobin, J.O., Calarco, K., Beer, K.B., Joly, J.R. u. Selander, R.K.: Paleoepidemiologic investigation of Legionnaires' disease at Wadsworth Veterans Administration Hospital by using three typing methods for comparison of *Legionellae* from clinical and environmental sources. *J.Clin. Microbiol* 23 (1986), 1121 - 1126
22. Pfaller, M., Hollis, R., Johnson, W., Massanari, R.M., Helms, C., Wenzel, R., Hall, N., Moyer, N. u. Joly, J.: The application of molecular and immunologic techniques to study the epidemiology of *Legionella pneumophila* serogroup 1. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* 12 (1989), 289 - 302
23. Stout, J.E., Joly, J., Para, M., Plouffe, J., Ciesielski, C., Blaser, M. u. Yu, V.L.: Comparison of molecular methods for subtyping patients and epidemiologically linked environmental isolates of *Legionella pneumophila*. *J. Inf. Dis.* 157 (1988), 486 - 495
24. Lück, P. Ch., Bender, L., Ott, M., Helbig, J.H. u. Hacker, J.: Analysis of *Legionella pneumophila* serogroup 6 strains isolated from a hospital water supply over a three-year period by using genomic long range mapping techniques and monoclonal antibodies. *Appl. Environ. Microbiol.* 57 (1991), 3226 - 3231
25. Ribeiro, C.D., Burge, S.H., Palmer, S.R., Tobin, J.O'H. u. Watkins, I.D.: *Legionella pneumophila* in a hospital water system following a nosocomial outbreak: prevalence, monoclonal antibody subgrouping and effect of control measures. *Epidemiol. Infect.* 98 (1987), 253 - 263
26. Bollin, G.E., Plouffe, J.F., Para, M.F. u. Prior, R.B.: Difference in virulence of environmental isolates of *Legionella pneumophila*. *J. Clin. Microbiol.* 21 (1985), 674 - 677

27. Dennis, P.J.L., Wright, A.E. u. Ruther, D.A.: Legionella in aerosols from showerbath. J. Hyg. (Camb) 93 (1984), 349 - 353
28. Addis, D.G., Davis, J.P., LaVenture, M., Wand, P.J., Hutchinson, M.A. u. McKinney, R.M.: Community-acquired Legionnaires' disease associated with a cooling tower: Evidence for longer distance transport of Legionella pneumophila. Am. J. Epidemiol. 130 (1989), 557 - 568
29. Conwill, D.E., Werner, S.B., Dritz, S.D., Bissett, M., Coffey, E., Nygaard, G., Bradford, L., Morrison, F.R. u. Knight, M.W.: Legionellosis: The San Francisco outbreak. Am. Rev. Resp. Dis. 126 (1982), 666 - 669
30. Rowbotham, T.J.: Little and large particle theory for legionellosis. Abstr. 6th Meeting of the European Working Group on Legionella infections. 27. - 29.05.1991, Elsinore, Denmark
31. Tram, C., Simonet, M., Nicolas, M.-H., Offredo, C., Grimont, F., Lefevre, M., Ageron, E., Debure, A. u. Grimont, P.A.D.: Molecular typing of Legionella pneumophila serogroup 3. J. Clin. Microbiol. 28 (1990), 242 - 245
32. Ott, M., Bender, L., Marre, R. u. Hacker, J.: Pulsed field electrophoresis of genomic restriction fragments for the detection of nosocomial Legionella pneumophila in hospital water supplies. J. Clin. Microbiol. 29 (1991), 813 - 815
33. Lück, P.Ch., Lehmann, K. u. Witzleb, W.: 3 Jahre Serodiagnostik der Legionellose im Bezirk Dresden. Z. klin. Med. 42 (1987), 1617 - 1620
34. Lück, P.Ch., Helbig, J.H., Pilz, Ch. u. Witzleb, W.: Nachweis von Legionellen in klinischen Untersuchungsmaterialien mit FITC-markierten Antikörpern. Z. ges. Hyg. 35 (1989), 601 - 604
35. Helbig, J.H., Lück, P.Ch., Pohlmann, B., Hohaus, T. u. Witzleb, W.: Diagnostik der Legionella-Infektionen durch Nachweis der Antigenurie mittels Enzym-immunoassay. Z. klin. Med. 44 (1989), 591 - 593
36. Helbig, J.H., Lück, P.Ch., Pilz, Ch. u. Witzleb, W.: Common Epitope on Urinary Antigen Derived from Different Legionella pneumophila Serogroup 1 strains Recognized by a monoclonal antibody. Zbl. Bakt. 273 (1990) 478 - 480
37. Ehret, W., v. Specht, B.U. u. Ruckdeschel, G.: Discrimination between clinical and environmental strains of Legionella pneumophila by a monoclonal antibody. Israel. J. Med. Sci. 22 (1986) 715 - 723

38. Dournon, E., Bibb, W.F., Rajagopalan, P., Deplaces, N. u. McKinney, R.M.: Monoclonal antibody reactivity as a virulence marker for *Legionella pneumophila* serogroup 1 strains. *J. Inf. Dis.* 157 (1988), 496 - 501
39. Harrison, T.G., Saunders, N.A., Haththotuwa, A., Hallas, G., Birtles, R.J. u. Taylor, A.G.: Phenotypic variation amongst genotypically homogeneous *Legionella pneumophila* serogroup 1 isolates: implications for the investigations of outbreaks of Legionnaires' disease. *Epidemiol. Infect.* 104 (1990), 171 - 180

Tab. 1: Legionella Spezies (Serogruppen)

L. anisa ^{L, P}	(1)	L. longbeachae ^L	(2)
L. adelaidensis	(1)		
L. birminghamensis ^L	(1)	L. maceachernii ^L	(1)
L. bozemanii ^L	(2)	L. micdadei ^{L, P}	(1)
L. brunensis	(1)	L. moravica	(1)
L. cherrii	(1)	L. nautarum	(1)
L. cincinnatiensis ^L	(1)	L. oakridgensis ^L	(1)
L. dumoffii ^L	(1)	L. parisiensis	(1)
L. erythra	(1)	L. pneumophila ^{L, P}	(14)
L. fairfieldensis	(1)	L. quateriensis	(1)
L. feeleeii ^{L, P}	(2)	L. quinlivanii	(1)
L. geestiae	(1)	L. rubrilucens	(1)
L. gormanii ^L	(1)	L. sainthelensis	(2)
L. gratiana	(1)	L. santicrucis	(1)
L. hackeliae ^L	(2)	L. spiritensis	(2)
L. israelensis ^L	(1)	L. steigerwaltii	(1)
L. jamestowniensis	(1)	L. tucsoniensis ^L	(1)
L. jordanis ^L	(1)	L. wadsworthii ^L	(1)
L. londoniensis	(1)	L. worsliensis	(1)

Stand 8/1991

L) Pneumonieerreger

P) verursacht Pontiac-Fieber

Tab. 2: Übertragung der Legionellen

<u>Erregerreservoir:</u>	natürliche Gewässer
	(warmes Süßwasser)
(Infektionsquelle)	Warmwassersysteme 35 - 50 °C
	Duschen
	Kühltürme, Klimaanlage
	Whirlpools
	(Erde, Staub)
<u>Übertragung:</u>	Aerosol
	(Trinkwasser ?)
<u>empfindliche Personen:</u>	Grundleiden, Vorschäden
	Immunsuppression

Tab. 3: Faktoren, die das Ansiedeln und Vermehren von Legionellen in Wassersystemen beeinflussen

Wasseramöben (Hartmanella, Acanthamoeba)
 Andere Bakterien
 Temperatur 30 - 50 °C
 pH-Wert
 Sauerstoffgehalt
 Leitungs- und Dichtungsmaterialien
 Stagnation, Sedimentbildung

Tab. 4: Subtypisierung von *L. pneumophila* Sg 1 Stämmen aus Deutschland mittels monoklonaler Antikörper (nach Joly, 86)

Subtyp	Klinische Isolate	Umweltisolate	Gebäude
Philadelphia	7	22	3
Knoxville	1	1	1
Benidorm	5	0	0
France	1	4	1
OLDA	3	0	0
Oxford	0	6	1
Bellingham	8	106	10
Gesamt	27	133	15

Tab. 5: Einige Ausbrüche der "Legionärskrankheit"

Zeitpunkt Ort	Manifestation	Letalität	Mikrobiol. Diagnostik	Infektionsquelle
Juli 1976 Hotel Philadelphia, USA	182/4000	29/182(16%)	101/111 (91%)	? Klimaanlage L. pneumophila Sg1
April 1985 Krankenhaus Stafford, GB	103/7000	22/68(32%)	11 Kultur	Klimaanlage L. pneumophila Sg1 Subtyp Pontiac 1a
August 1986 Wisconsin, USA	29	2/29(7%)	1 Kultur 23/29 (80%)	Kühlturm (>1600m) L. pneumophila Sg1 Subtyp Philadelphia
1984-88 Hospital Seattle, USA	13	9/13(69%)	13/13 DFA/ Kultur	Inhalationsapparate L. pneumophila Sg3
Hospital Quebec	5	3/5(60%)	4/5 DFA/ Kultur 1/5 Sero- konversion	Beatmungsgeräte A.dest. Anlage L. dumoffii

Tab. 6: Einige Ausbrüche an Pontiac-Fieber

Zeitpunkt Ort	Manifestation	Mikrobiologie positiv/getestet	Infektionsquelle
1.7. - 4.7.68 Gesundheitsamt Pontiac, USA	95/100 (95%)	32/35 (91%)	Rückkühlwasser L. pneumophila Sg1
6.3. - 8.3.81 Hotel Vermont, USA	34/74 (46%)	3/3 (100%)	Whirlpool-Wasser L. pneumophila Sg6
15.8. - 21.8.81 Autowerk Canada	317	67 Serokonversion	Kühlwasser von Maschinen L. feelei Sg1
31.12.87 - 4.1.88	169/187 (91%) 1 Pneumonie	60/75 Erkrankte 12/14 Exponierte	Whirlpool-Wasser L. micdadei

Tab. 7: Ergebnisse der mikrobiologischen Diagnostik bei 3 Legionellosefällen, 6 Exponierten und 18 Kontrollpersonen

Patient Klinik	Tag der Erkrankung bzw. Exposition	Antikörpernachweis mit IFAT gegen <i>L. pneumophila</i> *)				Urinantigennachweis	
		Referenzstamm	Wasser- isolat 237**)	Sg 6	Sg 7	Sg 12	<i>L. pneumophila</i> Sg 1 polyklonaler monoklo- naler ELISA
T.V.	16	1024	n.t.***)	64	n.t.	n.t.	n.t.
Pneumonie	42	1024	512	256	128	256	n.t.
M.D.	41	1024	512	64	32	128	+ o o
Pontiac-Fieber	56	512	n.t.	32	32	128	+ o o****)
J.H.	90	512	256	32	32	64	+ o o
Pontiac-Fieber							+ o o
weitere 6 Ex- ponierte ohne Klinik	ca. 90	≤ 32	n.t.	≤ 32	≤ 32	≤ 32	o o
18 Kontrollpers. ohne Exposition		≤ 32	n.t.	≤ 32	≤ 32	≤ 32	n.t.

*) Die IFAT-Titer gegen die restlichen der 14 Serogruppen und die anderen Spezies waren ≤ 32

**) Alle Wasserisolate (n = 22) wurden als *L. pneumophila* Sg 1, monoklonaler Subtyp Philadelphia bestimmt

***) nicht getestet

****) Anzahl der Zeichen entspricht Anzahl der untersuchten Urinproben: + = positiv; o = negativ

Tab. 8: Prävalenz von Antikörpern gegen Legionellen bei Personen ohne respiratorische Symptomatik

Personen n	Titer	Lp1	Lp2	Lp3	Lp4	Lp5	Lp6	mic	boz	dum	jor	Lb1	Lb2
Gesunde Dresden n = 602	128 256	3 1	1 2	5 2	5 4	3 1	3 2	11 5	1 1	2	3 1	1	3 3
Gesunde Eberswalde n = 246	128 256	4 2	3 2	5 3	5 4	3 2	5 3	2	5 4				1
Asthma- patienten n = 45	128	1			1								
Knochen- marktrans. n = 49	128	1											
Zahn- schwestern n = 76	128	1	1	1	1	1	1			2		1	1
Zahnärzte n = 52	128 256	1	1	1	1		5 3	1	2	2 1			3

Tab. 9: Verteilung von Legionellen nach Spezies bzw. Serogruppen

Spezies / Serogruppe (Sg)		bestätigt	präsumptiv	gesamt
L. pneumophila	Sg 1	48	23	71 (22,6 %)
L. pneumophila	Sg 2	3	3	6 (1,9 %)
L. pneumophila	Sg 3	6	1	7 (2,2 %)
L. pneumophila	Sg 4	5	4	9 (2,9 %)
L. pneumophila	Sg 5	5	6	11 (3,5 %)
L. pneumophila	Sg 6	5	3	8 (2,5 %)
L. pneumophila kreuzreagierend		35	33	68 (21,7 %)
L. micdadei		14	7	21 (6,9 %)
L. bozemanii	Sg 1	3	5	8 (2,5 %)
L. dumoffii		4	2	6 (1,9 %)
L. jordanis		8	10	18 (5,7 %)
L. longbeachae	Sg 1	1	1	2 (0,6 %)
L. longbeachae	Sg 2	3	3	6 (1,9 %)
Legionella kreuzreagierend		26	47	73 (23,2 %)
		166	148	314 (100 %)

Tab. 10: Jährliche Häufigkeit von Legionellosen im Untersuchungsgut des Instituts für Medizinische Mikrobiologie Dresden

Jahr	untersuchte Patienten	Legionellosen gesamt	ambulant	nosokomial	verstorben
1983 (ab Okt.)	23	3 (13,0%)	3	0	0
1984	271	15 (5,5%)	15	0	2
1985	539	17 (3,2%)	16	1	2
1986	1022	68 (6,6%)	65	3	2
1987	1098	76 (6,9%)	73	3	3
1988	1003	36 (3,5%)	33	3	2
1989	1180	43 (3,6%)	37	6	1
1990	1199	38 (3,2%)	35	3	1
1991 (bis Sept.)	713	18 (2,5%)	17	1	0
Gesamt	7048	314 (4,5%)	294	20	13

Tab. 11: Altersverteilung von 314 Legionellosefällen aus dem Untersuchungsgut des Instituts für Medizinische Mikrobiologie Dresden

Alter	männlich	weiblich	gesamt
0 - 9	6	0	6 (1,9%)
10 - 19	10	4	14 (4,5%)
20 - 29	19	9	28 (8,9%)
30 - 39	18	12	30 (9,5%)
40 - 49	35	13	48 (15,3%)
50 - 59	57	15	72 (22,9%)
60 - 69	34	13	47 (15,0%)
70 - 79	33	21	54 (17,2%)
80 -	7	8	15 (4,8%)
Gesamt	219 (69,7%)	95 (30,3%)	314 (100 %)

Tab. 12: Saisonale Häufigkeit von Legionellen im Untersuchungsgut des Instituts für Medizinische Mikrobiologie Dresden

	Legionellen	/	untersucht	Positivität
Januar	30	/	676	4,4 %
Februar	21	/	565	3,7 %
März	28	/	721	3,8 %
April	13	/	679	1,9 %
Mai	28	/	555	5,0 %
Juni	25	/	608	4,1 %
Juli	24	/	577	4,2 %
August	25	/	517	4,8 %
September	26	7	542	4,8 %
Oktober	32	/	506	6,3 %
November	31	/	540	5,7 %
Dezember	31	/	562	5,5 %
Gesamt	314	/	7048	4,5 %

Niederländische Erfahrungen mit Legionellose-Ausbrüchen

D. G. Groothuis

Einleitung

Der erste Legionellose-Fall wurde in den Niederlanden im Universitätskrankenhaus von Leiden im Jahre 1977 diagnostiziert. Der Patient war während eines Urlaubs in Spanien erkrankt.

Seit diesem Fall war dem Personal des Universitätskrankenhauses dennoch klar, daß die "Legionärskrankheit" nicht nur in anderen Ländern rechtzeitige Diagnostik und Therapie erforderlich macht.

Es ist hinreichend bekannt, daß früher eine Vielzahl von Patienten an nicht näher diagnostizierten Lungenerkrankungen gestorben sind. In einer retrospektiven Studie mit Testung alter Seren konnten in diesem Krankenhaus mehr derartige Erkrankungen diagnostiziert werden. Auf retrospektiven und prospektiven Daten basierend, wurden für die Niederlande zwischen 1972 und 1981 62 Legionella-Pneumonien ermittelt. Die besseren Kenntnisse über die Erkrankung führten allein für den Zeitraum 1982/1983 zu 72 Fällen.

Im Jahr 1988 konnten 65 Fälle diagnostiziert werden. Von diesem Zeitpunkt an sind die Fallzahlen gesunken. Dies wird auf erheblich verbesserte Informationen über das Problem und die bessere Wartung der Warmwasserversorgungssysteme in Seniorenwohnanlagen, Krankenhäusern und anderen Großgebäuden mit zentraler Warmwasserversorgung zurückgeführt. Für das Jahr 1990 wurden 48 Fälle gezählt.

Während des gesamten Zeitraumes konnte auch eine Veränderung der Infektionsorte beobachtet werden (Tab. 1). Eine detaillierte Übersicht über die Länder, in denen sich die Patienten infizierten ist in Tabelle 2 dargestellt.

Beispielhafter Verlauf einiger Legionellose-Ausbrüche

Hotel in den Niederlanden

Hier sollen 2 Ausbrüche beispielhaft vorgestellt werden, um den Weg der Infektionsübertragung und die notwendigen Maßnahmen zu erklären. Technische Details sollen dabei mit erläutert werden.

Im ersten Fall erkrankten Ausländer nach einem Besuch der Niederlande. Nach meiner Kenntnis ist dies der einzige derartige Fall. Im Mai 1984 erhielten wir von den britischen Gesundheitsbehörden die Nachricht, daß 4 Urlauber nach dem Verlassen der Niederlande erkrankten, 1 Patient verstarb. Bei allen wurde eine Legionella-Pneumonie diagnostiziert. Im gleichen Zeitraum erkrankte auch ein Niederländer. Allen war gemeinsam, daß sie ein Hotel im Süden der Niederlande bewohnt hatten.

Die Umweltschutzbehörde inspizierte das Hotel und ordnete eine zusätzliche Chlorung der Wasserversorgung im Gebäude an. Bis Dezember des gleichen Jahres ereigneten sich daraufhin keine Fälle mehr.

In diesem Monat besuchte eine andere Gruppe britischer Touristen das Hotel. Fünf von ihnen erkrankten 3 Tage nach ihrer Ankunft. Dieses Mal konnten wir als nationale Gesundheitsbehörde das Hotel näher untersuchen.

Die Warmwasserversorgung bestand aus 2, in Serie geschalteten je 200 l fassenden Erhitzern. Beheizt wurden beide mit Gas, die Speichertemperatur betrug 80°C. Im ersten Moment hatten wir daher keinen Grund zur Annahme, daß die Infektionen von diesem System ausgingen. Die ausführliche Untersuchung ergab jedoch, daß es in dem Hotel ein weiteres Erwärmungssystem gab, eine Wärmepumpe, welche das Wasser vor dem Eintritt in die o.g. Erhitzer erwärmte. Die Temperatur in diesem 4.000 l fassenden Tank betrug etwa 30°C. Wir entnahmen dort Proben und wiesen Legionella pneumophila in Konzentrationen bis 100.000 Keimen pro l nach. Die weitere Differenzierung der Legionellen ergab, daß es sich um den gleichen Typ handelte, welcher auch in dem Patientenmaterial nachweisbar war.

Zur Klärung der Frage, wie die Infektionen trotz Speicher-temperaturen von 80°C übertragen werden konnten, befragten wir den Hoteleigentümer. Dieser erklärte, daß Urlauber sehr oft unmittelbar nach ihrer Ankunft duschen. In diesen Fällen reichte, je nach Anzahl der gleichzeitig anreisenden Gäste, die Kapazität der beiden 80°-Speicher nicht aus, so daß Wasser aus dem etwa 30°C warmen Speicher direkt in die Leitungen des Hotels fließt. Zur hygienetechnischen Begutachtung von Warmwasserversorgungssystemen reicht daher nicht nur ein Blick auf die Warmwasserspeicher aus, eine gründliche Besichtigung des gesamten Systemes mit Befragung der Betreiber ist unverzichtbar.

Hotel auf Kreta

Im Juni 1988 wurden wir informiert, daß ein niederländischer Patient an einer doppel-seitigen Lungenentzündung erkrankt war und in einem Krankenhaus in Athen verstarb. Bald danach erkrankten 5 weitere Personen. In einem Fall konnte der Erreger (L.pneumophila, Serogruppe 1) aus dem Sputum isoliert werden. In den anderen 4 Fällen konnte ein signifikanter Anstieg der Antikörper-Titer gegen den gleichen Stamm nachgewiesen werden.

Alle Personen erkrankten während ihres Aufenthaltes in dem Hotel oder binnen 8 Tagen danach. Das Hotel mußte daher als der wahrscheinlichste Ort der Infektionsübertragung angesehen werden.

Die nationale niederländische Gesundheitsbehörde informierte das griechische Gesundheitsministerium in Athen. Diese berichteten, daß Untersuchungen in dem betreffenden Hotel keine Nachweise von L. pneumophila im Warmwassersystem erbracht hatten.

Im Oktober erkrankte erneut ein Besucher dieses Hotels während seines Aufenthaltes. Dieser Fall zeigte, daß es in dem Hotel weiterhin Infektionsübertragungen gab. Nach Rücksprachen mit dem betreffenden Reisebüro und dem griechischen Tourismusbüro in Amsterdam wurde, gemeinsam mit der niederländischen Gesundheitsinspektion beschlossen, daß durch unser Legionella-Zentrum des Nationalen Institutes für Öffentliches Gesundheitswesen und Umweltschutz sowie einen Mitarbeiter eines unserer Wasserversorgungsunternehmen das Hotel vom 22. Januar bis 2. Februar untersucht wurde. Ziel der Untersuchungen waren das Warm- und Kaltwassersystem des Hotels in bakteriologischer und technischer Hinsicht um Maßnahmen zur Vermeidung künftiger Infektionen vorzuschlagen.

Zwischenzeitlich wurde in anderen europäischen Staaten nachgefragt, ob dort Legionellose-Fälle im Zusammenhang mit dem Hotel bekannt geworden waren. Besonders die Behörden in Deutschland wurden befragt, da über die Hälfte der Hotelgäste Deutsche waren. Zu unserer Überraschung wurden aus Deutschland aber keine Fälle berichtet.

Die Ortsbesichtigung machte klar, daß nur das Warmwasser-versorgungssystem als Infektionsquelle zu betrachten war. Die "Klimaanlage" war während des Auftretens der Erkrankungen nicht in Betrieb, das kalte Trinkwasser wurde aus einem unterirdischen Speicher entnommen.

Das Warmwasserversorgungssystem besaß Zirkulationsleitungen ohne "tote Endstränge". Dies schloß die Möglichkeit entsprechender Legionellenvermehrung in diesen Nischen aus. Die Wassererwärmer wurden indirekt über das zentrale Heizungssystem beheizt (Abb. 1). Diese Konstruktion ergab eine große Niedrigtemperaturzone in den unteren Teilen der Erwärmer. Leider konnten wegen konstruktions-bedingter Hindernisse aus diesem Bereich keine Proben entnommen werden. In Kenntnis des Warmwassersystemes waren wir überzeugt, daß die Erwärmer die Ursache der Infektionen waren. Daher wurden die folgenden Ratschläge erteilt:

- Änderung der Erwärmerkonstruktion durch Einbau einer zusätzlichen Leitung zwischen dem Warmwasserrücklauf und dem Kaltwasserzulauf, um die Temperaturen in den unteren Bereichen des Erwärmers zu erhöhen.
- Erhöhung der Warmwassertemperatur entweder auf
 - mindestens kontinuierlich 55°C oder
 - mindestens 60°C für mindestens 4 Stunden täglich oder
 - mindestens 70°C für mindestens 1 Stunde täglich.

Bislang wurden keine neuen Infektionen im Zusammenhang mit diesem Hotel berichtet.

Kurzer technischer Überblick über Wassersysteme in Gebäuden und Legionellenwachstum

Im Grunde gibt es in unseren Breiten 3 wesentliche Bereiche, welche die Ursache für die Übertragung von Legionella-Infektionen sein können. Dies sind die Warmwasserspeicher, periphere Leitungsbereiche und Teile von RLT-Anlagen.

Legionellen können sich im Bereich von etwa 25 bis 45°C Wassertemperatur vermehren. Die Temperaturkontrolle, d.h. der sichere Ausschluß des genannten Temperaturbereiches ist nachweislich die einzig sichere Methode zur Verhinderung einer massiven Vermehrung der Legionellen und damit der Verminderung eines Infektionsrisikos. Konstruktion und Betrieb der Systeme hat so zu erfolgen, daß die erforderlichen Temperaturen immer und an allen Stellen erreicht werden.

Trinkwassererwärmer

Die alten Systeme waren so konstruiert, daß sich Ablagerungen am Boden sammelten. Die Kaltwasserzuleitung erfolgte daher seitlich oberhalb des Bodens. Deshalb hatte der unterste Teil der Erwärmer oft Raumtemperatur oder etwas darüber. Dies bedeutet gute Vermehrungsmöglichkeiten für Legionellen. Die Wärmezufuhr erfolgte entweder über Dampf oder heißes Wasser, welches in spiralförmigen Rohren durch den Erwärmer geleitet wurde (Abb. 2). Diese Systeme müssen ausgetauscht werden.

Erwärmer, welche dem Wachstum von Legionellen begegnen sind so konstruiert, daß zumindestens zu bestimmten Zeiten jedes Tages die gesamte Speichertemperatur auf mindestens 60°C erhöht wird. Dies kann z.B. durch Erwärmung des Speichers von außen ("Mantel"-heizung) erfolgen. Da jedoch die Wärmeaustauschfläche in Relation zum Volumen begrenzt ist und bei größeren Volumina noch ungünstiger wird, kann die Kapazität nur durch Installation einer Serie kleinerer Geräte erhöht werden.

Erwärmer, welche direkt am Boden, entweder durch Gas oder Elektroenergie, betrieben werden, erfüllen die notwendigen Temperaturanforderungen optimal.

Ein weiteres System nenne ich "Schnellerwärmer". Diese werden überwiegend mit Dampf beheizt und haben ein relativ geringes Volumen. Das Wasser wird während des Durchfließens erwärmt, weshalb bei entsprechender Konstruktion eine große Kapazität erreicht werden kann. Die Temperatur wird durch einen Meßfühler am Warmwasserauslauf gemessen und durch die Zuführung von Dampf kontrolliert bzw. auf dem erforderlichen Niveau gehalten. Bei entsprechender Temperatureinstellung werden keine Probleme durch Legionellenwachstum auftreten.

Gleich welche anderen Erwärmungssysteme noch denkbar sind, zur Kontrolle bzw. Elimination von Legionellen in diesen Geräten müssen die Temperaturen überall und immer entsprechend hoch sein.

Periphere Leitungsbereiche

Die Warmwassersysteme, in welchen es durch Legionellen zu Problemen kam, besaßen Zirkulationsleitungen. Man kann sich zwar vorstellen, daß ein einfaches Haushaltsversorgungssystem bei "ökonomisch niedrigen" Temperaturen ebenfalls ein Risiko bezüglich Legionellen darstellt. Aus noch unbekannten Gründen wurden derartig

einfache Systeme jedoch bisher noch nicht als Verursacher von Infektionsübertragungen bewiesen.

Zentrale Systeme, bei welchen die Temperatur in den Zirkulationsleitungen bei etwa 37°C liegt, stellen für die Benutzer ein Risiko dar und sind zu entfernen.

Systeme mit Zirkulationsleitungen müssen bei einer Temperatur von (mindestens) 60°C betrieben werden. Dies beinhaltet einen gewissen Sicherheitszuschlag von etwa 5°C, da die Temperatur in den peripheren Bereichen um diesen Wert sinkt. Auch hier muß die Konstruktion so sein, daß stagnierendes Wasser im System vermieden wird.

Da 60°C warmes Wasser am Auslaß die Gefahr der Verbrühung birgt und z.B. in bestimmten Klinikbereichen (geriatrische oder psychiatrische Abteilungen), aber auch bei Kindern nicht durch Hinweise zuverlässig vermieden werden kann, ist dort die Installation von Thermostatbatterien eine Lösung des Problems.

Zum Betrieb z.B. von Duschen ist nach unseren Erfahrungen ein zentraler Thermostat ausreichend, vorausgesetzt daß die Leitungslänge danach bis zur Dusche kurz ist (maximal 10 m).

Rückkühlwerke

Gemeint sind hier die, fälschlicherweise oft als "Kühltürme" bezeichneten Teile raumluftechnischer Anlagen, welche überwiegend auf Gebäudedächern und mit Zwangsbelüftung installiert sind.

Das Wasser in den dazugehörigen Behältern hat günstige Temperaturen zur Vermehrung von Legionellen. Durch Luftverunreinigungen kommt es in diesen Behältern noch zur Anreicherung mit Nährstoffen. Außerhalb der natürlichen, sehr niedrigen Legionellenkonzentration kann es auch zum Eintrag von stärker kontaminierten Wässern in solche Anlagen kommen.

Durch die Zwangsbelüftung kommt es zu einem erheblichen Aerosolaustrag in die Umgebung des Rückkühlwerkes. Unter günstigen Witterungsbedingungen kann dieses infektiöse Aerosol über sehr weite Strecken transportiert werden. Während einem, als "BBC-Epidemie" bekannt gewordenen Ausbruch in London konnten Infektionsübertragungen noch auf Fußgänger in 2 km Entfernung nachgewiesen werden.

Alle bekannt gewordenen Infektionsübertragungen stehen bisher im Zusammenhang mit zwangsbelüfteten Rückkühlwerken. Diesen ist daher im Betrieb besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Erforderlich ist die strikte Einhaltung der Wartungsvorschriften des Herstellers. Dies schließt regelmäßige Reinigung der Rückkühlwerke ein. Bei Betriebsunterbrechungen von ca. 14 Tagen ist die Anlage komplett zu entwässern.

Kühltürme von Großkraftwerken mit Höhen von 100 m und mehr tragen keine als infektiös zu betrachtenden Aerosole in die Umwelt aus. Obwohl über den Türmen oft "Wolken" entstehen, werden sie daher bezüglich Legionellose als "relativ harmlos" angesehen.

Andere Ursachen

Die o.g. Systeme sind am besten in der Literatur beschrieben. Grundsätzlich muß jedoch jedes System mit den entsprechenden Dauertemperaturbereichen und einer Aerosolisierung des Wassers als potentielles Infektionsrisiko für Legionellosen angesehen werden. Im folgenden sind einige dieser Quellen genannt, die mit der Übertragung von Legionellosen beschrieben wurden.

Kaltwasser

In einigen Gegenden ist es üblich, Kaltwassertanks in Gebäuden zu installieren. Das Wasser in diesen Tanks kann leicht Temperaturen erreichen, welche die Vermehrung von Legionellen bewirken. Chlorung ist oft das einzige Mittel der Kontrolle, der Effekt ist jedoch auf die unmittelbare Zeit der Anwendung begrenzt. Der Übertragungsweg durch solche Tanks ist identisch mit dem bei hygiene-technisch ungenügenden Warmwassersystemen.

Warmsprudelbecken, "whirl pools"

Diese Badeeinrichtungen haben mit 2.000 bis 5.000 l ein relativ geringes Volumen, ihre Wassertemperaturen reichen von etwa 35 bis 40°C. Als Folge dessen ist die Einhaltung einer stabilen Konzentration an freiem Chlor schwierig. Aerosole entstehen durch das Einbringen von Druckluft in das Wasser. Infektionsgefährdet sind dabei nicht nur die Badenden selbst, sondern auch Personen in der mittelbaren Umgebung der "pools".

Natürliche Bäder

Legionellose-Ausbrüche wurden aus Bädern mit Hydrotherapie berichtet. Dabei konnte das warme Wasser natürlichen Ursprunges bereits mit Legionellen entsprechend stark kontaminiert sein. Oft wurde dieses Wasser auch für Inhalationszwecke verwendet, eigentlich um Menschen mit Lungen- und anderen Erkrankungen zu behandeln.

"Klimaanlagen"

Bisher wurde nicht ausdrücklich berichtet, ob "Klimaanlagen" selbst eine Infektionsquelle darstellen. Bekannt geworden sind aber Fälle, bei denen kontaminierte Aerosole von nahe gelegenen offenen Rückkühlwerken durch die Anlagen angesaugt und in den betreffenden Gebäuden verteilt wurden.

Verneblungsgeräte

Diese Geräte werden zur Luftbefeuchtung generell, aber auch bei Inhalationstherapien oder z.B. in Supermärkten zur Befeuchtung von Obst und Gemüse verwendet und erzeugen ein ideales Aerosol zur Infektionsübertragung. Wenn derartige Geräte benutzt werden, müssen sie sorgfältigst sauber gehalten werden. Im Grunde muß bei jeder Befüllung eine gründliche Reinigung mit Desinfektion erfolgen.

Schlußfolgerungen

Legionellen wachsen zwischen etwa 25 und 45°C in Wässern.

Eine Verminderung der Legionellenkonzentration erfolgt bei:

50°C innerhalb von Stunden

55°C innerhalb von Minuten und

60°C innerhalb von Sekunden.

Aerosole sind das nach wie vor wichtigste Vehikel der Infektionsübertragung.

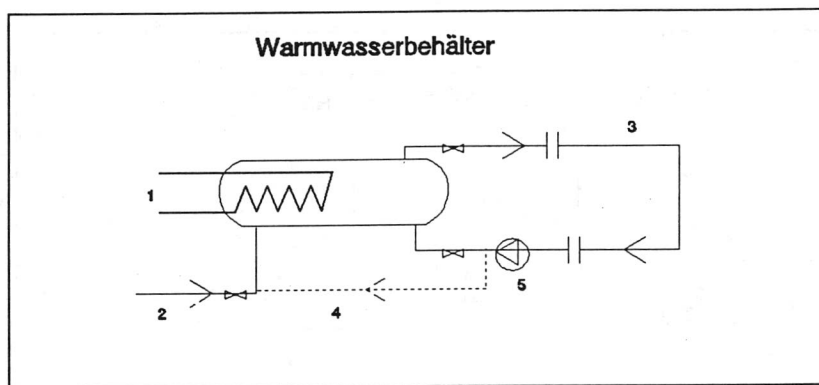
Grundsätzlich können alle Süßwässer mit Legionellen kontaminiert sein und damit bei ungenügenden hygiene-technischen Bedingungen in den genannten Systemen zum Gesundheitsrisiko werden.

Tab. 1: Wahrscheinliche Infektionsorte und Fallzahlen

Zeitraum	Orte		
	Krankenhaus	Ausland	unbekannt
1972-1981	22	22	18
1988	Niederlande (generell) 7	38	19
1989	"	29	19

Tab. 2: In den Niederlanden von 1988 bis 1990 diagnostizierte Fälle von Legionellosen und Länder der Infektionsübertragung

Land	1988	1989	1990
Amerika (allg.)	1		
Deutschland	3	1	1
England	2		
Frankreich	7	3	6
Griechenland	9	?	
Ungarn	1		
Israel		1	
Italien	2	1	
Jugoslawien		1	4
Luxemburg	1	1	1
Marokko	1	1	
Österreich		2	1
Portugal	1	3	1
Spanien	7	7	3
Thailand		1	
Tunesien	2		1
Türkei		4	
Schweiz	1	2	
Niederlande	7	7	5
unbekannt	19	19	25
GESAMT	64	54	48



- 1 Heißwasser vom zentralen Heizungssystem
- 2 Kaltwasserzulauf
- 3 Zirkulationssystem im Gebäude
- 4 im Nebenschluß betriebene Leitung zur Verhinderung kalter Zonen
- 5 Zirkulationspumpe

Abb. 1: Schematische Darstellung des Warmwasserbereiters eines Hotels auf Kreta

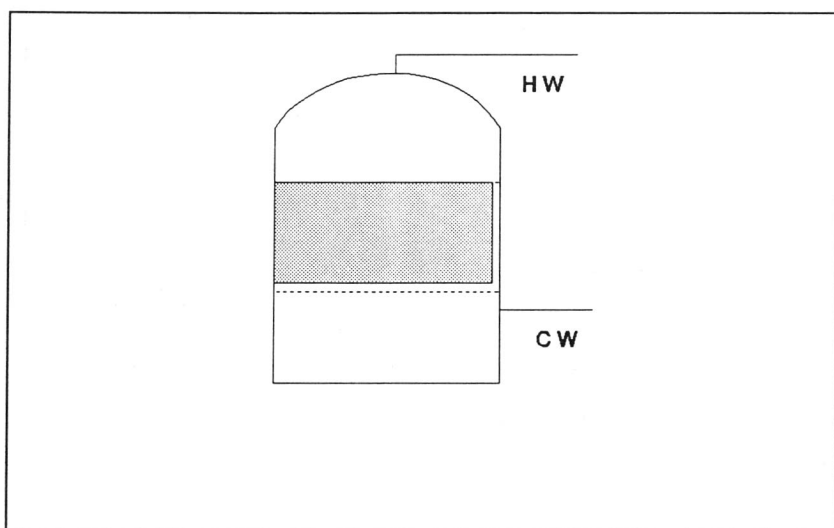


Abb. 2: Schematische Darstellung alter Wassererwärmer

Überwachung und Kontrolle der Legionärskrankheit in England und Wales

I.D. Farrell, E. Holmes

Überwachung der Legionärskrankheit

Ca. 200 "Legionärerkrankungen" werden jährlich an das Zentrum zur Überwachung von Infektionskrankheiten (CDSC) des Public Health Laboratory Service (PHLS) gemeldet. Allerdings liegt die wahre Anzahl der Erkrankungen höher, da Patienten mit mildverlaufenden Erkrankungen häufig nicht ihren Arzt oder die Klinik aufsuchen, und bei weiteren Fällen die Diagnose entweder nicht gestellt oder nicht gemeldet wird. Wöchentliche Meldungen stammen aus den 52 Labors des PHLS und etwa 300 Labors der Nationalen Gesundheitsbehörde NHS und geschehen auf freiwilliger Basis (Abb. 1).

Fälle werden ganzjährig dem CDSC gemeldet, doch häufen sich Fallmeldungen im Sommer und im Herbst. Dies wird auf im Ausland erworbene Erkrankungen zurückgeführt, vor allem bei Reisenden, die aus Portugal, Spanien und Italien zurückkehren (Abb. 2).

Unter der Schirmherrschaft der WHO wird ein europäisches System zur Meldung und Überwachung der Legionärerkrankungen bei Reisenden entwickelt. Das Ziel des Projekts ist es Epidemien zu erkennen, bei denen Staatsbürger mehrerer Länder betroffen sind und durch Informationsaustausch zwischen nationalen Behörden die Ursachen zu erkennen und zu beheben.

"Nur" Daten über Legionärerkrankungen in England und Wales werden bei CDSC zusammengetragen. Diese Information beschreibt wer die Erkrankten sind, wie sie leben und arbeiten und die Ergebnisse ihrer Laboruntersuchungen. Die gesammelten Daten werden wöchentlich im "Communicable Disease Report" veröffentlicht. Aus den Daten läßt sich erkennen, daß Männer anfälliger für die Legionärskrankheit sind als Frauen, und daß diese Anfälligkeit mit wachsendem Alter zunimmt.

Damit ein Fall als bestätigte oder vermutete "Legionärerkrankung" anerkannt wird, müssen strenge mikrobiologische Parameter erfüllt werden. Traditionsgemäß bestätigen die Isolierungen des Organismus, der vierfache oder höhere Titeranstieg in einem Seren-paar, oder ein einfacher Antikörpertiter von > 128 im Immunfluoreszenz-Antikörper-Test (IFAT) oder > 32 im Rapid-Mikroagglutinations-Test (RMAT) die Erkrankung. Andere Methoden, wie die direkte Immunfluoreszenz oder der Nachweis von Antigen im

Urin (mit erprobten Reagenzien) sind ausreichend, um eine Verdachtsdiagnose zu erstellen.

In dem 10-jährigen Zeitraum, aus dem die hier zusammengefaßten Ergebnisse stammen, konnten ca. 25 % der Fälle durch Gruppenerkrankungen oder epidemische Ausbrüche erklärt werden, ca. 40 % der Erkrankungen waren mit Auslandsreisen verbunden und etwas weniger als 10 % waren mit Klinikaufenthalten assoziiert (Tab. 1).

Während des beschriebenen Zeitabschnittes waren einige namhafte Gruppenerkrankungen auf offene Rückkühlwerke von Raumluftechnischen Anlagen (oft als "Kühltürme" bezeichnet) oder Wasserleitungssystemen, in Krankenhäusern und anderen Gebäuden zurückzuführen. Der bekannteste Ausbruch geschah 1985 in einem relativ neuen Krankenhaus in Staffordshire. Es erkrankten 68 Patienten, 22 Patienten verstarben (Tab. 2a, 2b).

Alle erkrankten Personen hatten sich im Laufe des April im Klinikgebäude aufgehalten. Das höchste Erkrankungsrisiko war bei Besuchern der Ambulanzabteilung festzustellen. Nach ausgiebigen epidemiologischen, ingenieurtechnischen und mikrobiologischen Untersuchungen wurde gezeigt,

- daß der "Kühlturm" des Kühlsystems der Ambulanz die Legionellen enthielt und die wahrscheinlichste Ursache dieser Erkrankungen darstellte.

Es wurden die folgenden Möglichkeiten der Aerosolverteilung in Betracht gezogen:

1. Infektiöse Aerosole konnten durch die "Kühlturmdrift" entweichen und über geöffnete Fenster in die Ambulanzabteilung gelangen.
2. Infektiöse Aerosole entwichen aus dem "Kühlturm", wurden in den Belüftungsschacht gezogen und konnten so in die Luftbehandlungseinheit gelangen.
3. Kontaminiertes Wasser aus dem "Kühlturm" gelangte beim Abfließen über ein Verbindungsrohr in die Luftbehandlungseinheit. Das kontaminierte Wasser sammelte sich in dem Sammelbecken für Kondenswasser der Kühleinheit an und Legionellen konnten durch Aerosolbildung in die Belüftungsanlage gelangen und verteilt werden.

Untersuchung von offenen Rückkühlwerken

Als Folge dieser Gruppenerkrankung und den Ergebnissen der Untersuchung wurden 26 offene Rückkühlwerke in Krankenhäusern der West Midlands Region begutachtet.

Die offenen Rückkühlwerke wurden auf ihr Alter, ihren Zustand und ihre mikrobiologische Sicherheit untersucht und die Kosten und Durchführbarkeit eines Ersatzes durch luftgekühlte Anlagen erwogen.

Die folgenden Maßnahmen zur Kontrolle der Wasserqualität in offenen Rückkühlwerken wurden überprüft:

1. Zusatz von Chemikalien, um Korrosion und Verkalkung zu verringern.
2. Das regelmäßige Abfließen des Wassers.
3. Zusatz von bioziden Substanzen, um Bakterien- und Algenwachstum sowie Schlamm- bildung zu verhindern.
4. Das regelmäßige Entleeren und Reinigen des offenen Rückkühlwerkes, um Rückstände und Schlamm zu entfernen.

Auch die folgenden Punkte wurden berücksichtigt:

1. Die Reinigung der offenen Rückkühlwerke - das Gesundheitsministerium empfiehlt seit 1980, daß offene Rückkühlwerke zweimal im Jahr gereinigt werden sollen und daß 5 ppm Chlor zugesetzt werden soll, um Bewachsen mit Legionellen zu vermeiden. (Die Richtlinien zur Betreibung von offenen Rückkühlwerken schreiben seit 1988 vor, daß die Reinigung der offenen Rückkühlwerke immer dann ausgeführt werden soll, wenn eine Neuinstallation vorliegt und bei saisonaler Benutzung des offenen Rückkühlwerkes vor und nach der Saison. Nach der Abschlußreinigung soll der Turm während der Wintermonate trocken bleiben. Bei kontinuierlichem Gebrauch kann die Reinigung auf zweimal im Jahr beschränkt werden; allerdings muß die Wasserqualität sorgsam überwacht werden, vor allem während der niedrigen Belastungsphasen der Wintermonate. Eine Reinigung mag auch notwendig werden, wenn die Anlage länger als 5 Tage abgestellt wird oder Änderungen an der Anlage vorgenommen werden.)
2. Die Anbringung und Wartung der "Drift Eliminatoren"-Aerosolentweichung aus offenen Rückkühlwerken kann durch Montage von Filtern vermindert werden. Diese Filter wurden ursprünglich konzipiert, um das Entweichen teurer Chemikalien zu verhindern.
3. Die Wasserentsorgung - wenn das Wasser in regelmäßigen Abständen abgelassen wird und das offene Rückkühlwerk zur Reinigung entleert wird, muß das potentiell kontaminierte Wasser entsprechend der Richtlinien entsorgt werden.
4. Die Lage - offene Rückkühlwerke von Kliniken befinden sich oft wie in Stafford auf Dächern oder in Kliniknähe und sind daher nicht weit genug von den Fenstern zu den Patientenzimmern entfernt. Um Kosten zu sparen und das verbindende Rohrsystem möglichst kurz zu halten, sind die Lufteinzugsschächte und die offenen Rückkühlwerke oft nicht räumlich getrennt.
5. Der Zusatz von bioziden Substanzen - obwohl Wasserleitungssysteme regelmäßig mit bioziden Substanzen behandelt werden, sollte berücksichtigt werden, daß die Behandlung sehr teuer ist, und daß mikrobielle Vermehrung nicht immer erfolgreich verhindert wird.

Ergebnisse der Begutachtung

Die Untersuchung von 26 offenen Rückkühlwerken in der West Midlands Region zeigte, daß bei 34 % der offenen Rückkühlwerke Chemikalien noch per Hand zugesetzt wurden. Bei den anderen Türmen sorgte eine Zeituhr für automatische Chemikalienzufuhr. Bei 35 % der Türme wurde der regelmäßige Wasserablauf nicht automatisch gesteuert und bei nur 34 % wurde der Wasserablauf durch Leitfähigkeitsmessungen geregelt.

Mengenangaben für zugeführtes Frischwasser waren in vielen Fällen zweifelhaft. Ohne diese Angaben ist jedoch eine wirksame Wasserbehandlung nicht möglich.

Die Empfehlungen der Untersuchungskommission lauteten:

An allen offenen Rückkühlwerken Zähler zu montieren, um die zugeführten Wassermengen zu überwachen, den Wasserablauf automatisch zu regeln und Dosiergeräte für

den Zusatz von Chemikalien zu montieren, um den Chemikalienzusatz automatisch den zugeführten Wassermengen anzupassen.

Bei der Untersuchung wurde der Gesamtzustand von 5 offenen Rückkühlwerken als mangelhaft beschrieben. Bei zwei Türmen wurde die Wartung als mangelhaft beurteilt. 3 offene Rückkühlwerke waren nicht mit "Drifteliminatoren" versehen, weitere 4 offene Rückkühlwerke hatten zwar Filter zur Vermeidung der "Drift", aber die Filter waren aus Holz oder Pappe hergestellt. In einigen Fällen waren die Filter nicht korrekt montiert.

Besorgniserregend war weiterhin das unzufriedenstellende Wartungsprogramm, daß von 34 % der fachlich spezialisierten Wartungsfirmen empfohlen wurde. 8 Vertreter von 6 Firmen wurden angesprochen, davon hatten 4 unzureichende Kenntnisse der Eigenschaften und Anwendungen der Chemikalien, die von ihren Firmen empfohlen wurden.

In den meisten Kliniken war das CDSC nicht befragt worden, ob sie mit der Auswahl der Chemikalien einverstanden seien. Die Richtlinien für die 6-monatliche Chlorung waren unterschiedlich interpretiert worden.

Die Abschlußempfehlung lautete, daß einige Türme sofort durch luftgekühlte Systeme ersetzt werden sollten und daß die übrigen Systeme möglichst bald auf luftgekühlte Systeme umgestellt werden sollten.

Empfehlungen nach Stafford

Eine öffentliche Anhörung wurde abgehalten, um die Vorfälle zu erörtern, die zu der Gruppenerkrankung in Stafford geführt hatten. Aufgrund der Empfehlungen hat das Gesundheitsministerium neue Richtlinien verfaßt, um das Risiko der Legionellose in Krankenhäusern und Pflegestätten zu verringern. Diese Richtlinien, die 1988 herausgegeben wurden, betreffen nicht nur offene Rückkühlwerke und Raumlufttechnische Anlagen generell sondern auch Kalt- und Warmwassersysteme.

Wassersysteme

Eine Studie des PHLS untersuchte 1986 Wassersysteme in 180 Gebäuden, einschließlich Krankenhäusern und Hotels auf Legionellen. Die Warmwassersysteme von mehr als 2/3 der untersuchten Kliniken und etwa die Hälfte der Hotels waren positiv für Legionellen. Legionellen wurden am häufigsten in Warmwassersystemen, vor allem in Wassererhitzern vorgefunden sowie in dem Kühlwasser der Kühlanlagen (Tab. 3).

Allerdings erlaubt seit kurzem ein neu entwickelter monoklonaler Antikörpertest für Legionella pneumophila, Serogruppe 1, die genauere Einteilung der Legionellen und neuere Studien konnten feststellen, daß Legionellen dieser Art und einer Serogruppe, die aus Warm- und Kaltwassersystemen und aus Kühlwasser isoliert werden, häufig nicht humanpathogen sind.

Biologische Eigenschaften der Legionellen

Die optimale Temperatur für die Vermehrung von Legionellen im Labor ist bei 35 - 37 °C. Bei höheren Temperaturen sinkt die Teilungsrate der Legionellen im Labor, um bei 46 °C völlig zu erliegen. Das Bakterium kann aber höhere Temperaturen überleben. Die Überlebenszeit beträgt bei 50 °C noch einige Stunden, bei 60 °C einige Minuten und bei 70 °C wird der Mikroorganismus fast sofort abgetötet. Bei weniger als 35 - 37 °C verlangsamt sich die Teilungsrate und bei weniger als 20 °C wird die Teilung fast vollständig eingestellt.

Legionellenwachstum scheint relativ unabhängig zu sein vom pH-Wert der Umgebung; Legionellen sind in Kaltwassersystemen mit sehr unterschiedlichen pH-Werten isoliert worden. Diese biologischen Eigenschaften bilden die Grundlage für die neuen Regelungen zur Wartung von Wassersystemen in Kliniken und Pflegestätten. Alle Warm- und Kaltwassersysteme sollen so entworfen werden, daß Wasser nicht zwischen 25 und 45 °C gelagert wird. Kaltes Wasser sollte möglichst weniger als 20 °C und warmes Wasser mindestens 50 °C haben. Wasserhähne und Duschköpfe, die nicht häufig gebraucht werden, sollten entfernt werden, da sie sonst eine Nische bilden, in der sich Legionellen vermehren können.

Kaltwassersysteme

Die Empfehlung zur Kontrolle der Legionellen lautet, daß kaltes Wasser in Kliniken nicht bei mehr als 20 °C gelagert oder verteilt werden soll. Die Richtlinien zur Verteilung des Trinkwassers in Großbritannien erlauben den Wassergesellschaften jedoch Wasser bis zu 25 °C zu liefern, obwohl unter normalen Bedingungen die Temperatur des Leitungswassers weniger als 20 °C beträgt. Kühlen der Kaltwassertanks oder des Verteilungssystems wird jedoch nicht empfohlen.

In der Praxis wird die Temperatur des kalten Wassers nach zweiminütigem Laufen lassen überprüft. Der Temperaturanstieg zwischen Wassereingang und Wasseraustritt sollte nicht mehr als 2 °C betragen.

Kaltwassertanks sollten so angebracht werden, daß mikrobielle Kontamination und Stagnation und Schichtung des Wassers vermieden wird. Lagerung von unangemessen großen Wassermengen kann zu mangelndem Umsatz und Verschlechterung der Wasserqualität führen.

Wassertanks sollen so aufgestellt werden, daß Erwärmung vermieden wird. Jeder Wasserbehälter soll mit einem Deckel versehen werden und Leitungen, die nach außen führen, wie Überlaufleitungen, mit Filtern versehen werden.

In England und Wales waren bisher nur wenige "Legionärerkrankungen" mit Kaltwassersystemen in Krankenhäusern assoziiert, und zwei identifizierte Fälle, traten bei immungeschwächten Patienten auf. Warmwassersysteme hingegen werden häufig mit Ausbrüchen assoziiert und "Kolonisierung" der Systeme durch Legionellen ist schwer zu vermeiden.

Warmwassersysteme

Das System soll so konzipiert sein, daß Rohrabschnitte, in denen die Wassertemperatur weniger als 50 °C beträgt, vermieden werden. Jeder Wassererwärmer sollte mit einem Ventil ausgestattet sein, das Rückfluß in die zuführende Leitung verhindert.

Die Temperatur beim Verlassen des Erhitzers sollte nicht weniger als 60 °C betragen. Dies ist zu Zeiten überdurchschnittlichen Verbrauchs nicht immer möglich, aber die Ausflußtemperatur sollte unter keinen Bedingungen weniger als 50 °C betragen.

Wasserstagnation und Temperaturschichtung sollen möglichst vermieden werden. Wenn Temperaturschichtung auftritt, können automatisch gesteuerte Pumpen eingebaut werden, welche die Zirkulation des Wassers verbessern.

In Rohrleitungssystemen sollte die Temperatur mindestens 50 °C betragen. Blind endende Rohrabschnitte sollten abgesperrt werden und wie bei den Kaltwassersystemen sollen nichtgenutzte Wasserhähne und Duschköpfe abmontiert werden.

Ersatzpumpen sollten nicht angeschlossen werden, um das Risiko zu vermeiden, daß abgestandenes lauwarmes Wasser sich ansammeln kann, in dem Legionellen sich vermehren und durch das Einschalten der Pumpe in das Leitungssystem gelangen können.

Das Water Research Council publizierte zudem kürzlich eine Liste empfohlener Materialien für Wasserleitungssysteme.

Als die Richtlinien des Gesundheitsministeriums zur Kontrolle der Legionellen in Kliniken und Pflegestätten 1988 herausgegeben wurden, erkannte man, daß die vorgeschriebenen Wassertemperaturen in Warmwassersystemen ein Verbrüchungsrisiko darstellten. Es wurde daher empfohlen, daß in Klinikabschnitten, in denen Kinder oder alte Menschen gepflegt oder gebadet werden, kaltes Wasser dem warmen Wasser zugemischt werden sollte, damit die maximalen Austrittstemperaturen 43 °C betragen. Diese Empfehlung ist 1990 auf alle Pflege- und Besucherabteilungen ausgedehnt worden. Das Wasser darf aber nicht zentral gemischt werden und das Rohr, welches das Mischwasser enthält, soll nicht länger als 2 m sein.

Abschließende Empfehlung

Die Untersuchungen der Ursachen die zu "Legionärerkrankungen" führten, haben häufig gezeigt, daß verwaltungs- und ingenieurtechnische Vorgänge fehlerhaft waren.

Durch bessere Richtlinien und Anweisungen zur Kontrolle der Legionellen, durch eine verstärkte Ausbildung des Fachpersonals, sowie durch eine intensivere Zusammenarbeit zwischen den Fachingenieuren und Schlüsselpersonen des Gesundheitswesens kann das Risiko der "Legionärerkrankung" vermindert werden.

Literatur

1. Anonymus: DHSS Code of Practice - The Control of Legionella in Health Care Premises. London, HMSO 1988
2. O'Mahoney, MC., Stanwell-Smith, R.E., Tillett, H.E. et al.: The Stafford Outbreak of Legionnaire's Disease. *Epidemiol. Infect.* 104, (1990), 362 - 380

Tab. 1: Diagnostizierte Fälle der "Legionärskrankheit" in England und Wales 1981 - 1990

Jahr	Summe	Nosokomial	Reisen Ausland	Reisen England	Gehäufte Fälle	Einzel- fälle
1981	142	6	63	6	30	60
1982	138	4	57	9	15	67
1983	159	9	48	3	14	89
1984	150	3	56	27	41	55
1985	210	79	56	4	90	57
1986	189	4	89	4	32	75
1987	209	9	109	13	45	69
1988	278	7	82	3	140	74
1989	240	14	91	12	65	80
1990	188	3	92	13	24	68
Summe	1903	138	743	94	496	694

% 100 % 7 % 39 % 4 % 26 % 36 %

Quelle: CDSC

Tab. 2a: "Legionärskrankheit" in England und Wales 1980 - 1985

Jahr	Ort	Region	Ursprung	Anzahl der Fälle	Anzahl der Sterbefälle
1980	Stadt-zentrum	NW Thames	UB	4	-
	Klinik	SW Thames	HWS	8	3
	Klinik	W Midlands	KT	4	1
1981	Industrie-gebiet	North Western	KT	5	1
1983	Klinik	Wales	HWS	4	-
	Büro	Oxford	UB	10	-
1984	Stadt-zentrum	Oxford	UB	7	-
	Hotel	SE Thames	Whirl Pool	16	-
1985	Klinik	W Midlands	KT	68	22
	Industrie	SE Thames	KT	5	1
	Büro	Trent	KT	7	-

UB = Unbekannt

HWS = Heißwassersystem

KT = Kühlturm

Tab. 2b: "Legionärskrankheit" in England und Wales 1986 - 1990

Jahr	Ort	Region	Ursprung	Anzahl der Fälle	Anzahl der Sterbefälle
1986	Stadt-Zentrum	S Western	KT	15	1
1988	Büro	N Thames	KT	70	3
	Industrie-gebiet	N Western	KT	33	-
	Stadt-zentrum	N Western	UB	4	-
1989	Stadt-zentrum	NE Thames	KT	29	5
	Stadt-zentrum	NW Thames	KT	5	1
	Klinik	Trent	HWS	10	2
1990	Industrie-gebiet	N Western	UB	4	-

UB = Unbekannt

HWS = Heißwassersystem

KT = Kühlturm

Tab. 3: Untersuchungen zum Vorkommen von Legionellen in Gebäuden

Gebäudeart	System	Anzahl der Proben	Legionellen identifiziert (%)
Hotels	Warmes und kaltes Wasser	104	53
	Kühlwasser-Systeme	9	67
Krankenhäuser	Warmes und kaltes Wasser	40	70
	Kühlwasser-Systeme	13	38
Geschäftsräume	Warmes und kaltes Wasser	17	75
	Kühlwasser-Systeme	24	54
Wohnheime	Warmes und kaltes Wasser	3	67

(PHLS Bericht für DHSS, 1986)

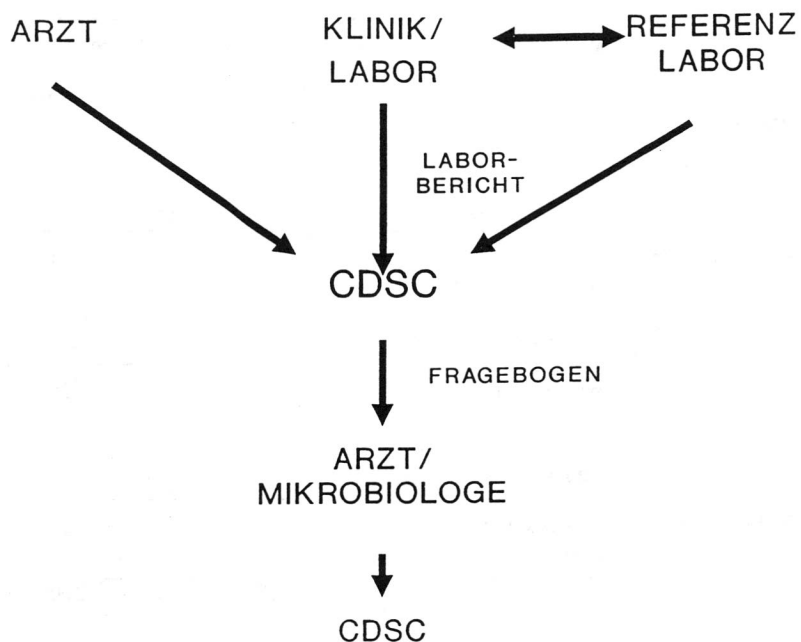
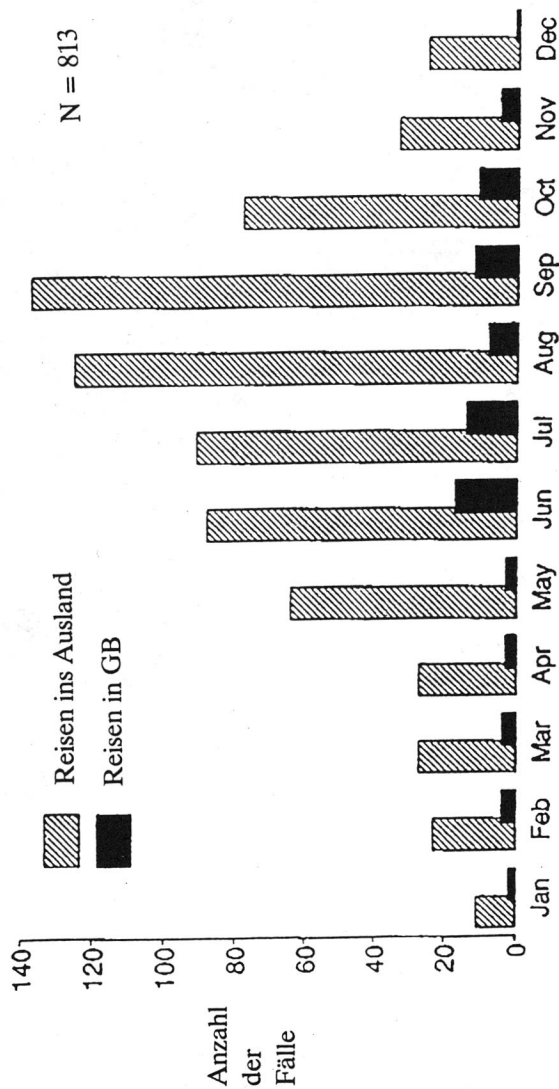


Abb. 1: Schematische Darstellung der Überwachung der "Legionärskrankheit" in England und Wales



Quelle: CDSC

Abb. 2: Saisonale Verteilung mit Reisen verbundener Erkrankungen an "Legionärskrankheit" für Bewohner von England und Wales 1980 - 1989

Temperaturschichtungen und ihre Auswirkungen in Serienspeichern

H. Bechem

1. Einleitung

Ziel der Messungen war es, in Speichern Temperaturschichtungen im stationären und im dynamischen Zustand zu untersuchen. Dabei sollten vergleichend ein Speicher mit einer Bodenbeheizung und ein Speicher ohne Bodenbeheizung untersucht werden. Bodenbeheizung bedeutet, daß der Wärmetauscher so angeordnet ist, daß der Boden des Speichers komplett aufgeheizt wird im Gegensatz zu einem System, in dem der Wärmetauscher oberhalb des Speicherbodens angeordnet ist und damit unterhalb des Wärmetauschers ein Restvolumen übrig bleibt, das bei einer Aufheizung nicht komplett erwärmt wird.

Um zu einem Vergleich der beiden unterschiedlichen Systeme zu kommen, wurden zwei baugleiche Speicher mit gleichem Inhalt, Speicherdurchmesser, zentral liegendem Wärmetauscherrohr, Rohranschlüssen und Isolierung gewählt.

2. Meßaufbau

Der Abbildung 1 ist der Meßaufbau zu entnehmen. Die (7) zeigt den Speicher mit Bodenheizung und die (8) den Speicher ohne Bodenbeheizung. Beide Speicher waren parallel über Sicherheitsarmaturen (3) und Wasseruhr (2) an das Kaltwassernetz angeschlossen. Zur Temperaturschichtungsmessung waren in jedem Speicher drei Temperaturmeßblenden (12) eingebaut. Mit Hilfe dieser drei Temperaturmeßblenden wurden in jedem Speicher 20 Temperaturen erfaßt.

Für die dynamischen Messungen wurden die Speicher mit Hilfe von Zeitschaltuhren (10) und elektrischen Magnetventilen gesteuert.

Die eingestellten Wasserdurchflußraten wurden mit Hilfe einer Waage (11) kontrolliert.

Die Meßgrößen wurden über einen 60-Kanal-Schreiber (4) erfaßt, anschließend auf einen Rechner (5) weitergeleitet und auf einem Datenträger gespeichert.

Neben 40 Temperaturmeßstellen in den Speichern wurden noch weitere Meßgrößen, wie z.B. Raumtemperatur, Kaltwassereinlauftemperaturen, Brennerlaufzeiten der Geräte und das Einschalten einer jeweiligen Zapfung, erfaßt. Alle 30 s wurden somit 57 Meßgrößen erfaßt und gespeichert.

3. Zapfprogramme

Zu welcher Tageszeit und in welcher Menge wird ein Benutzer Wasser aus einem Speicher zapfen?

Hier wird es keine einheitliche Aussage geben. Es werden sich, wie z.B. beim Stromverbrauch, über den Tag gesehen, unterschiedliche Verbräuche zu unterschiedlichen Zeiten ableiten lassen.

Um vergleichende Messungen durchführen zu können, denen ein sinnvolles Verbraucherverhalten zugrunde liegt, wurden von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft in München unter Leitung von Prof. Dr. Schäfer drei sogenannte Entnahmeprogramme entwickelt [1]. Diese Entnahmeprogramme wurden des weiteren von der Stiftung Warrentest bei ihren Prüfungen an Brauchwassererwärmern benutzt.

Abbildung 2 zeigt die drei Entnahmeprogramme, Bedarfsgang 70 l, Bedarfsgang 120 l und Bedarfsgang 280 l. Die Bilder zeigen, in welchem Tageszeitraum eine zugeordnete Warmwassermenge gezapft wird. Das Entnahmeprogramm, abgekürzt EP 70, zeigt einen Warmwassertagesbedarf an einem Wochentag für einen 2-Personen-Haushalt. Das EP 120 spiegelt einen Tagesbedarf einer 3- bis 4-köpfigen Familie wider, und das EP 280 gibt einen Tagesbedarf für das Wochenende einer 3- bis 4-köpfigen Familie an.

Große Wasserverbräuche stellen bei allen drei Programmen die 25-l-Zapfungen dar. Diese 25-l-Zapfungen, die im Zeitraum 6.15 Uhr bis 8.30 Uhr angesiedelt sind, betreffen Wasserverbräuche für einen Duschvorgang. Die bei dem EP 280 noch enthaltenen 2 x 90-l-Zapfungen stellen das Füllen einer Badewanne dar.

Beide Speicher wurden nun gleichzeitig mit diesen Zapfprogrammen betrieben. Die Messungen selber wurden je nach Versuchsbedingungen über einen Zeitraum von mindestens 14 Tagen durchgeführt.

4. Temperaturmeßstellen

Wie erwähnt, wurden in jedem Speicher 3 Temperaturmeßblenzen mit 20 Temperaturmeßstellen eingebaut. Die Lage der Meßstellen in dem bodenbeheizten Speicher ist der Abbildung 3 zu entnehmen.

An den Meßblenzen 1 und 2, die an unterschiedlichen Meßorten im Speicher saßen, waren auf gleicher Höhe 8 Temperaturmeßstellen angeordnet. Damit sollte untersucht werden, ob es horizontal zu unterschiedlichen Temperaturschichtungen in den Speichern kommt. Da sich die schnellsten und größten Temperaturveränderungen im Bereich zwischen dem Kaltwassereinlauf und der Lage des Brauchwasserthermostaten ergeben, wurden hier die Temperaturmeßstellen dichter zusammengedrückt, siehe hierzu den

Höhenunterschied der Meßstellen M1 - M6 zu M7 - M12. Mit eingetragen sind die sich ergebenden Wassermengen zwischen den Meßstellen.

5. Temperaturverläufe im Speicher

Die Abbildung 4 zeigt für das EP 280 für den Versuchszeitraum 6.00 Uhr bis 10.00 Uhr die sich an den untersten 8 Meßstellen ergebenden Temperaturverläufe. Des weiteren sind in der Abbildung mit eingetragen die oberste Temperaturmeßstelle im Speicher, die Brennerlaufzeit und die Zapfzeiten.

In dem dargestellten Versuchszeitraum wurden in Reihenfolge die Wassermengen 3, 25, 6, 6 und 9 Liter gezapft. Die Speicher waren auf 60 °C Brauchwassertemperatur eingestellt. Abbildung 4 gibt den Temperaturverlauf in dem bodenbeheizten Speicher wieder. Ausgehend von einem Anfangszustand, sinken die Temperaturen an den Meßstellen in Abhängigkeit der gezapften Wassermenge ab.

Da dieses Absinken der Temperaturen immer in Reihenfolge von den Meßstellen 1 aufwärts geschieht, wird deutlich, daß das kalte Wasser immer bis in den unteren Bodbereich des Speichers eingebracht wird. Damit ergibt sich in diesem Speicher kein Kaltwassertotraum, der nicht durchspült wird.

Sehr deutlich wird der Temperaturabfall bei der 25-l-Zapfung, die z.B. für einen Duschvorgang genommen werden kann. Über eine Zapfzeit von ca. 5 min sinken zeitlich etwas versetzt die ersten 4 Meßstellen auf einen gleichen Wert. Die Stelle 5 sinkt schwächer ab.

Die Temperatur bei der Meßstelle 6 (Höhe des Brauchwasserthermostaten) fällt nur sehr geringfügig um ca. 2 K gegenüber dem Ausgangszustand ab. Durch Wärmeleitung erreicht die Meßstelle 6 kurz nach Beenden der 25-l-Zapfung aber eine Temperatur, bei der die Schaltdifferenz des Brauchwasserfühlers überschritten wird und damit ein Nachheizen stattfindet. Dieses Nachheizen bringt sämtliche Temperaturen auf die Abschalttemperatur von 59 °C bis 60 °C.

Bei den folgenden 6-, 6- und 9-l-Zapfungen sinken wieder die Temperaturen an den verschiedenen Meßstellen ab. Da sich die Meßstelle 6 nur geringfügig durch Wärmeleitung abkühlt, findet ein Nachheizen im dargestellten Versuchszeitraum nicht wieder statt.

Betrachtet man die Meßstellen 7 und 8, so wird deutlich, daß selbst eine größere Wasserzapfung, wie sie z.B. zum Duschen benötigt wird, keine Veränderung der Temperaturen an diesen Meßstellen hervorruft. Damit bleibt die Temperatur oberhalb des Fühlers im Bereich der oberen Abschalttemperatur.

Unterhalb des Fühlers zeigt sich ein Wechselspiel von Temperaturen in Abhängigkeit von der Bezapfung des Speichers.

Ein Nachheizen des Speichers findet bei diesem Gerät dann statt, wenn ca. 47 Liter gezapft wurden. Bezogen auf den Gesamthalt von 190 Liter, beginnt eine Nachladung, wenn ca. 1/4 des Inhaltes gezapft ist oder durch Auskühlung die Schaltdifferenz überschritten wird.

Die ganz oben liegende Kurve (oberste Temperatur im Speicher) liegt deutlich höher als die Regeltemperatur. Dieses ist zu begründen mit der Anordnung des Wärmetauschers, der über die gesamte Speicherhöhe geht. Damit wird bei jeder Nachladung nicht nur im Bereich unter dem Thermostaten die Wärme zur Erwärmung des Kaltwassers eingebracht, sondern auch die Temperatur im Bereich oberhalb des Thermostaten deutlich angehoben.

6. Temperaturschichtungen beim Bezapfen des Speichers

Es stellt sich die Frage, wie stark kommt es bei einer Zapfung zu einer Vermischung von Kaltwasser mit erwärmtem Wasser im Speicher, wo liegt die Mischzone, welche Temperaturen sind in ihr vorhanden und wie groß ist sie?

Für eine 25-l-Zapfung (Duschzapfung) wurden zu 4 Zeitpunkten die sich im Speicher ergebenden Temperaturprofile über der Speicherhöhe in Abbildung 5 aufgetragen. Mit zu erkennen sind auf der X-Achse die Temperaturmeßstellen. Die dargestellten Temperaturprofile sind an dem bekannten Speicher mit Bodenbeheizung gewonnen worden. 4 Temperaturprofile sind zu erkennen, wobei die oberste Kurve 1 das Temperaturprofil kurz vor Zapfbeginn zeigt. Die Kurven 2 und 3 stellen Profile während des Zapfvorganges dar und die Kurve 4 zeigt das Temperaturprofil sofort nach Zapfende. Zum Beginn der Zapfung liegt eine einheitliche Temperatur von ca 60 °C überall im Speicher vor. Durch das Zapfen wird nun das Kaltwasser in den Bereich der untersten Temperaturmeßstelle gebracht, und damit sinkt hier die Temperatur ab. Es entsteht dabei eine Durchmischungszone zwischen der 1. und der 3. Meßstelle (entspricht ca. einem Wasservolumen von 12 Litern).

Bei dem weiteren Zapfen sinkt die Temperatur an der Meßstelle weiter bis auf einen konstanten Bereich ab, und gleichzeitig schiebt sich die Durchmischungszone von den Meßstellen 1 bis 3 in den Bereich der Meßstellen 3 bis 5. Es kann in diesem Fall von einer fast pfropfenartigen Strömung gesprochen werden.

Nach Zapfende ergibt sich ein annähernd konstanter Kaltwassertemperaturbereich im Bereich der 1. bis 3. Meßstelle (ca. 12 Liter Wasservolumen) und eine Durchmischungszone im Bereich der 3. bis 5. Meßstelle (ca. 18 Liter Wasservolumen).

Oberhalb der Meßstelle 5 ergibt sich keine Temperaturveränderung während des Zapfvorganges. Damit wirkt sich eine Duschzapfung nicht oberhalb des Thermostaten aus, und es wird kein Wasser entnommen, was nicht längere Zeit auf hohem Temperaturniveau im Speicher war.

7. Temperaturschichtungen bei größeren Zapfungen (Badewannenfüllung)

Wie sehen die Temperaturschichten im Speicher bei einer größeren Zapfung aus?

Hierzu ist in den Abbildungen 6 und 7 aus dem EP 280 der Versuchszeitraum, in dem kurz hintereinander zwei 90-l-Zapfungen (Badewannenfüllungen) durchgeführt werden, dargestellt.

Über der Speicherhöhe sind 3 unterschiedliche Temperaturbereiche in der Zeit-abhängigkeit aufgetragen. Die Temperaturbereiche sind:

unterster Bereich	10 °C - 30 °C
mittlerer Bereich	30 °C - 55 °C
oberster Bereich	55 °C - 65 °C

Abbildung 6 zeigt den Temperaturverlauf der 3 o.g. Temperaturschichten für den bodenbeheizten Speicher. Von einem Ausgangszustand aus sind zwei Temperaturbereiche zu erkennen. Der Bereich 30 °C bis 55 °C ergibt sich bis oberhalb der 6. Meßstelle. Die Schaltdifferenz des Reglers mit 5 K ist noch nicht erreicht.

Bei der nun einsetzenden ersten 90-l-Zapfung wird das Kaltwasser unter die mittlere Temperaturschicht gebracht und schiebt die mittlere Temperaturschicht nach oben. Dabei wird die Schaltdifferenz des Reglers überschritten, und es kommt zum Nachheizen im Speicher, so daß der untere und der mittlere Temperaturbereich ganz verschwinden. Bei der zweiten 90-l-Zapfung bildet sich zuerst eine kleine Durchmischungszone aus, die dann nach oben geschoben wird. Es kommt wieder zum Nachheizen, so daß die unteren Temperaturschichten verschwinden. Bei der nächsten Zapfung (6 l) entsteht wieder eine mittlere Temperaturschicht.

Für den Speicher ohne Bodenbeheizung ergibt sich eine ähnliche Darstellung (siehe Abb. 7). Auch hier entstehen die drei verschiedenen Temperaturbereiche. Der unterste Bereich schiebt bei der Zapfung die beiden anderen Temperaturbereiche komplett nach oben und es kommt zum Nachheizen.

Der Unterschied liegt nun darin, daß beim Nachladen hier nicht der komplette Speicherinhalt erwärmt wird. Es bleibt eine kalte und eine mittlere Temperaturschicht erhalten. Deutlich wird aber auch, daß diese Schichten bei der nächsten Zapfung in den höheren Temperaturbereich geschoben und damit auf eine Temperatur über 55 °C gebracht werden.

Für beide Speicher kann gesagt werden, daß sich oberhalb des Thermostaten genügend große Volumina auf hohem Temperaturniveau befinden, so daß ausreichende Verweilzeiten erreicht werden. Sogar bei einer Zapfung von 90 l gibt es kein Durchschlagen des Kaltwassers und der Mischzonen.

8. Auswirkungen der Temperaturschichten auf das Legionellenwachstum

Im Hinblick auf die Ergebnisse von TIEFENBRUNNER und MATHYS kann folgende Erklärung gegeben werden, warum bei heutigen Serienspeichern, die im Ein- und Zweifamilienhausbereich eingesetzt werden, nur eine geringe Anzahl von Legionellen nachgewiesen werden konnte (Tab. 1).

Bei der richtigen Zuordnung des Warmwasserverbrauchs zur Speichergröße wird kaltes Wasser bei einer Zapfung immer in den untersten Speicherbereich gebracht. Da es bei der Zapfung nur zu einer geringen Durchmischung kommt, bleibt unten eine Kalt-

wassertemperaturschicht, in der Legionellen - wenn überhaupt, dann nur sehr langsam - nachwachsen.

Durch eine weitere Zapfung wird diese Temperaturschicht dann in einen Temperaturbereich gebracht, in dem Legionellen ideale Temperaturen vorfinden. Hier könnte es dann zu einem Nachwachsen von Legionellen kommen. Bei der nächsten Zapfung wird aber dieser Temperaturbereich weiter nach oben in einen Temperaturbereich geschoben (oberhalb des Thermostates), in dem die Legionellen absterben.

Aufgrund der Speichervolumina und der Lage der Thermostaten ist der Temperaturbereich, in dem die Legionellen nicht wachsen oder abgetötet werden, ein Vielfaches von dem, in dem sie wachsen. Darüber hinaus ist noch zu berücksichtigen, daß die Wachstumsrate der Legionellen viel langsamer ist als die Absterberate bei Temperaturen über 55 °C. Diese Theorie erklärt, warum in dem Ein- und Zweifamilienhausbereich bei Speichern kaum Legionellen nachgewiesen wurden.

Die vorgestellte Theorie liegt dem folgenden Bild zugrunde (Abb. 8). Die Abbildung zeigt die Verweilzeit eines legionellenhaltigen Wassertropfens in dem Absterbetemperaturbereich ($> 55\text{ °C}$), aufgetragen über der Verweilzeit des gleichen Wassertropfens in dem möglichen Wachstumstemperaturbereich. Mit Hilfe eines Rechnermodelles entstand dieses Bild und basiert auf den in der Tabelle 2 enthaltenen Angaben. Die Angaben bezüglich der Wachstums- und Absterbezeiten sind Veröffentlichungen entnommen [2, 3].

Mit in das Diagramm eingezeichnet sind zwei Grenzkurven, auf denen gerade alle Legionellen wieder abgetötet sind. Berechnungspunkte unterhalb dieser jeweiligen Grenzkurven bedeuten, daß legionellenhaltiges Wasser den Speicher verlassen würde. Berechnungspunkte oberhalb der Grenzkurve bedeuten, daß kein legionellenhaltiges Wasser den Speicher verläßt.

Zur Berechnung der Grenzkurven sind zwei unterschiedliche Fälle berücksichtigt worden.

a) Im nachströmenden Kaltwasser sind 1.000 Legionellen pro Liter enthalten.

b) Im nachströmenden Kaltwasser sind 10^7 Legionellen pro Liter enthalten.

Die im Bild eingezeichneten Kreuze zeigen nun für ein EP 280 verschiedene Situationen einzelner legionellenhaltiger Wassertropfen. Es wird deutlich, daß selbst nach einer zweimal kurz hintereinander durchgeführten 90-l-Zapfung kein legionellenhaltiges Wasser den Speicher verläßt. Die Verweilzeit in dem Absterbetemperaturbereich ist immer noch um eine 10er Potenz größer als die Grenzkurve. Die meisten anderen kleineren Zapfungen liegen sogar um zwei 10er Potenzen über der ungünstigen Grenzkurve.

Mit Hilfe der genannten Theorie und den gemachten Voraussetzungen wird deutlich, warum Serienspeicher, die im Ein- und Zweifamilienhaus eingesetzt werden, unkritisch sind. Zusammenfassend können hier die Parameter genannt werden: kein Kaltwassertotraum, der Brauchwasserthermostat sitzt im unteren Speicherbereich und sorgt für ein schnelles Nachladen, er ist auf 60 °C Brauchwassertemperatur eingestellt, und aufgrund einer vernünftigen Auslegung zwischen Wasserverbrauch und dem Speicherinhalt ist dafür gesorgt, daß der Speicherinhalt in einer kurzen Zeit ausgetauscht wird.

Literatur

1. Reil, J. u. Kasten, B.: Brauchwassererwärmung durch Wärmerückgewinnung bei der Kälteerzeugung im Haushalt, Forschungsbericht T 82 - 156, München, September 1982
2. Müller, H.E.: Legionellen - ein hygienetechnisches Problem, Grundlagen der Hygiene und Bakteriologie des Trink- und Brauchwassers. Vortrag, 12. Mai 1989; Technische Akademie Esslingen
3. Schulze-Röbbecke, R., Rödder, M. u. Exner, M.: Anmerkungen zu den Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen von Legionellen. In: Legionellen (Hrsg. Seidel, K., Seeber, E. u. Hässelbarth, U.) Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Band 72, G. Fischer Verlag, Stuttgart/New York, 1987
4. Fitzky, G.: Temperaturschichtung und Verweilzeitverhalten in Brauchwasserspeichern, Studienarbeit durchgeführt bei Fa. Joh. Vaillant GmbH u. Co., Remscheid, September 1989

Tab. 1: Überlegungen, warum in häuslichen Serienspeichern bisher selten Legionellen nachgewiesen werden konnten

- Kaltwasser wird immer in den untersten Speicherbereich eingebracht
- bei den gebräuchlichen Zapfmengen und Fließgeschwindigkeiten entstehen nur geringe Durchmischungszonen
- oberhalb des Thermostaten entsteht keine Durchmischung
- im gezapften Kaltwasser können aufgrund der Temperatur Legionellen nur schlecht oder gar nicht wachsen
- durch weitere Zapfungen wird die untere Kaltwasserschicht kolbenartig nach oben geschoben
- nur in dem Bereich zwischen Kaltwassereinlauf und Thermostat können bei allen Speichern Legionellen wachsen (Temperatur - Wechselspiel)
- sobald eine Wasserschicht in den Bereich oberhalb des Thermostaten geschoben wird, kommt es zum Nachheizen und vorhandene Legionellen werden in kurzer Zeit abgetötet
- bei richtiger Dimensionierung (z.B. nach DIN 4708) kommt es nicht zum durchschießen von Kaltwasser
- das Wasservolumen, in dem Legionellen nachwachsen können, beträgt ein Bruchteil von dem Volumen, in dem sie absterben
- die Legionellen wachsen deutlich langsamer als sie absterben

Tab. 2: Grundwerte für das Rechnermodell

Speicherinhalt	l	190
Wassermenge bis zu Fühler	l	45
Innendurchmesser des Speichers	mm	445
Wiedereinschalttemperatur des Fühlers	°C	55
Heißwassertemperatur	°C	60
Kaltwassertemperatur	°C	10
Obere kritische Temperatur	°C	45
Untere kritische Temperatur	°C	30
Verdoppelungszeit der Legionellen	h	2, 8
Absterbezeit pro Zehnerpotenz	min	2

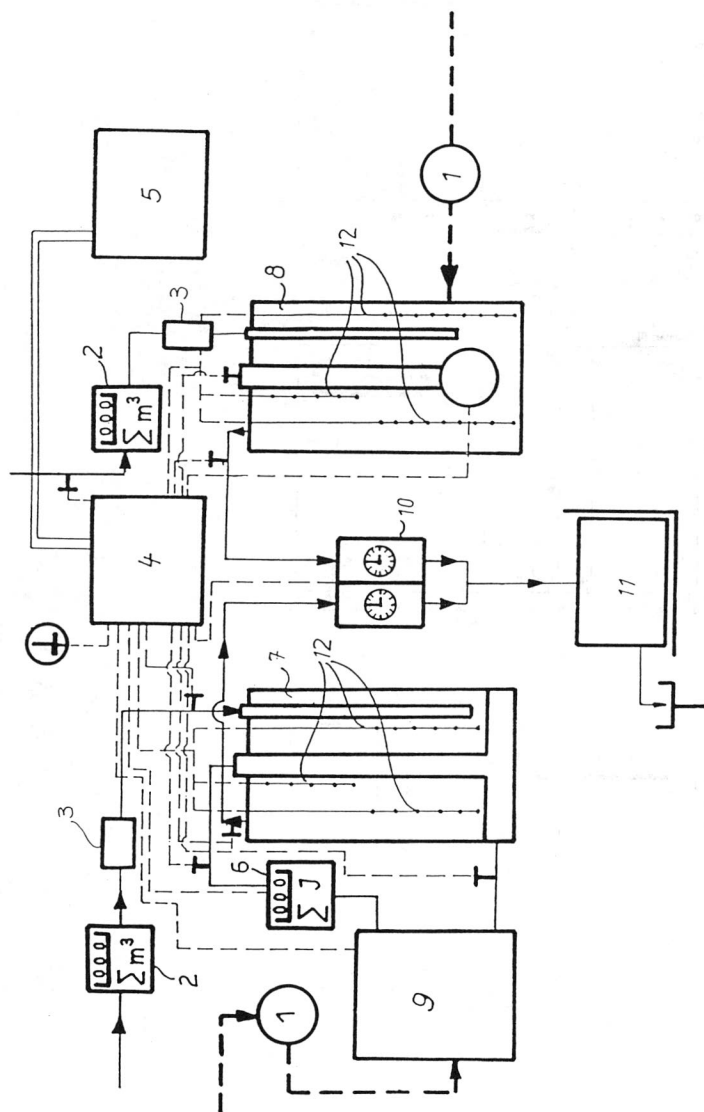


Abb. 1: Darstellung des Versuchsaufbaus

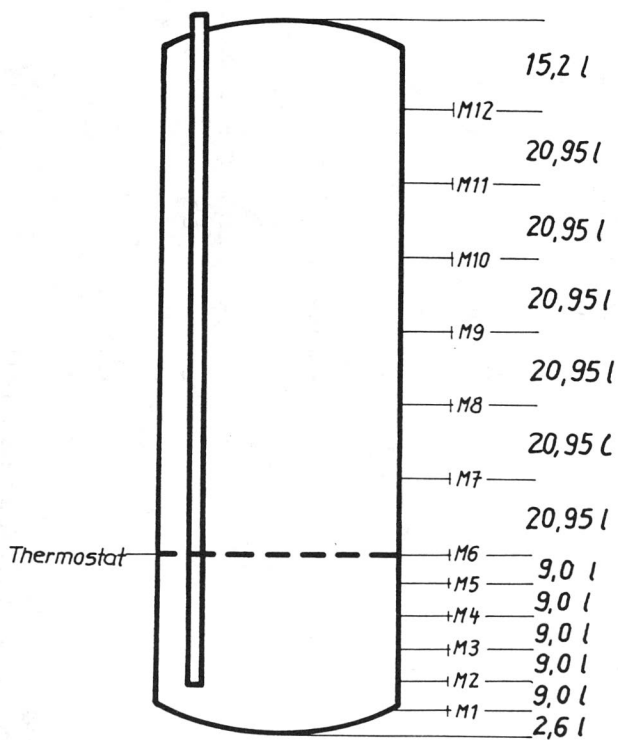


Abb. 3: Anordnung der Meßstellen im Speicher mit Bodenbeheizung

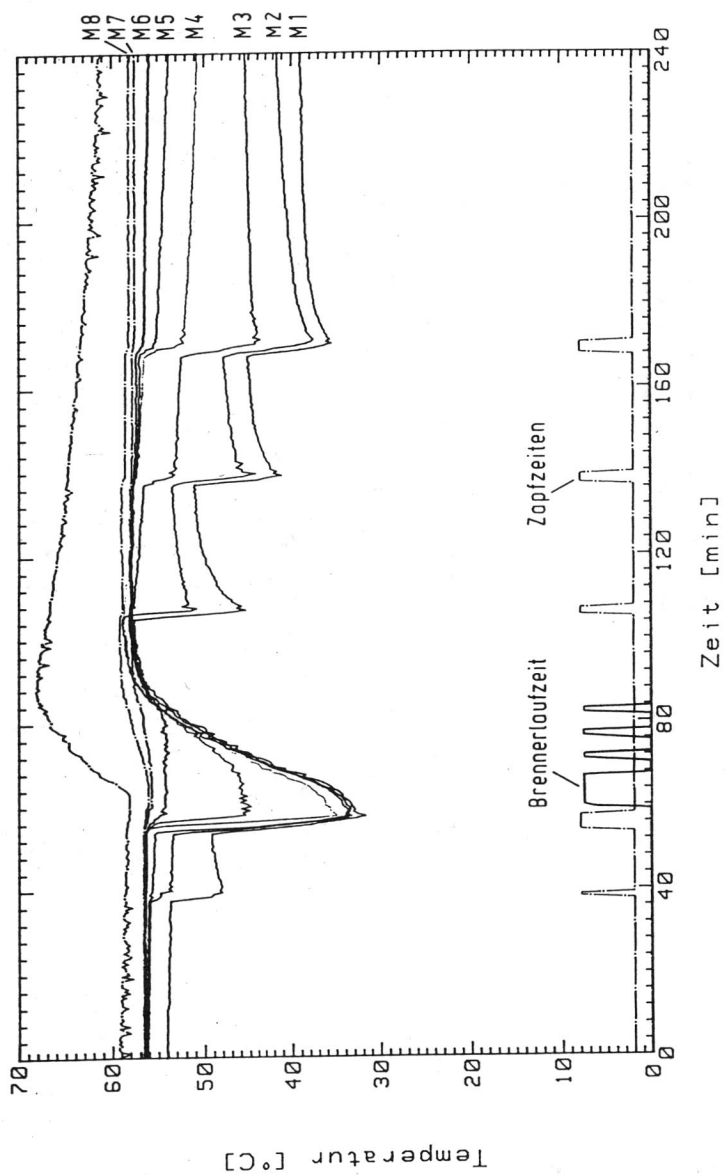


Abb. 4: Speicher mit Bodenbeheizung
Temperaturverläufe über die Zeit, EP 280, Abschalttemperatur 60 °C

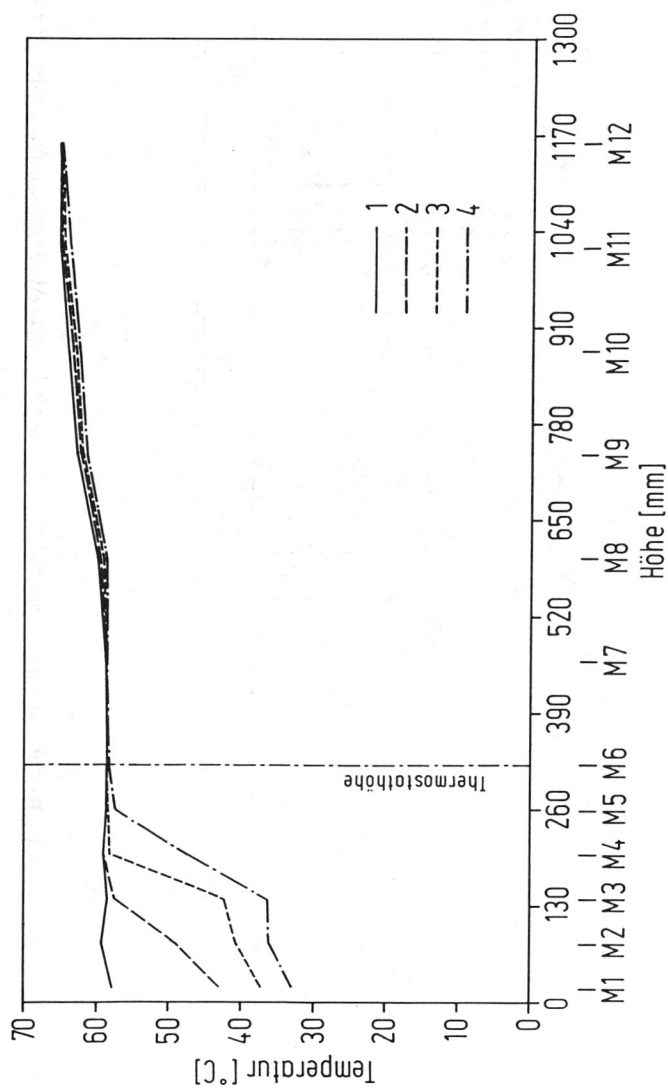


Abb. 5: Temperaturprofile bei 25 l-Zapfung im Speicher mit Bodenbeheizung

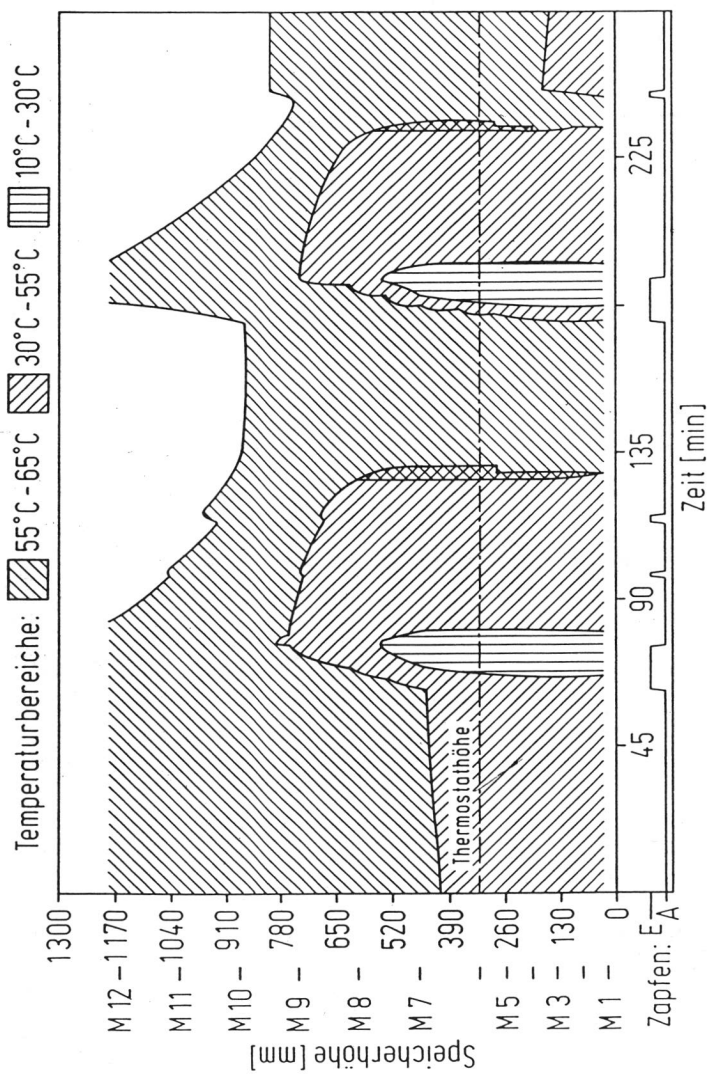


Abb. 6: Darstellung der Temperaturbereiche im Speicher mit Bodenbeheizung in Abhängigkeit vom Zapfen (2 x 90 Liter)

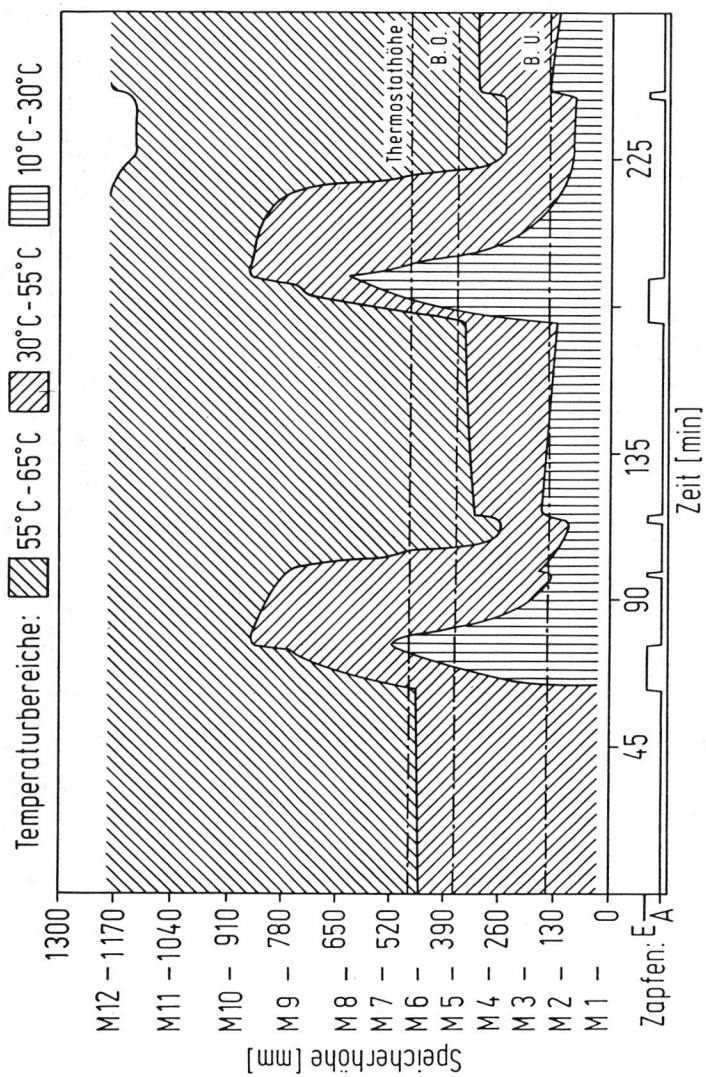
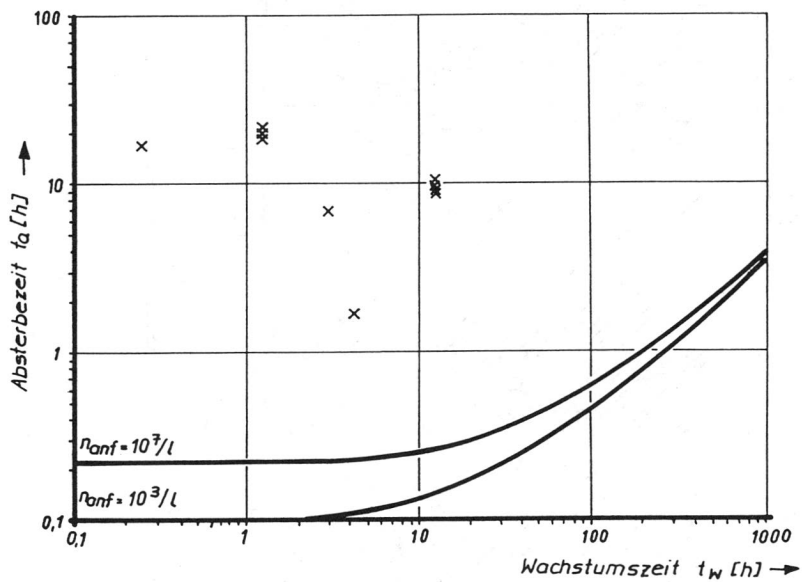


Abb. 7: Darstellung der Temperaturbereiche im Speicher ohne Bodenbeheizung in Abhängigkeit vom Zapfen (2 x 90 Liter)



EP280, $\vartheta_W = 60^\circ\text{C}$, $\vartheta_K = 10^\circ\text{C}$.

Abb. 8: Wachstums- und Absterbezeiten von Legionellen im bodenbeheizten Speicher

Gerätetechnische Voraussetzungen für hygienische Trinkwassererwärmung

H. Burger

Trinkwassererwärmung und Trinkwassersysteme waren und sind stets in höchster Priorität mit der Hygiene verbunden. In allen Vorgängerausgaben der jetzt sehr umfangreichen DIN 1988 wurden entsprechende Auflagen und Prinzipien ausführlich dargestellt.

Insofern war es nur konsequent, daß hinsichtlich der Legionellenproblematik frühzeitig Laborversuche unter praxisnahen Bedingungen in Speicher-Wassererwärmern aus korrosionsbeständigem nichtrostendem Edelstahl angesetzt wurden, wobei eine abtötende Wirkung gegenüber eingepfachten Legionellen nachgewiesen werden konnte. Die damaligen Versuche zeigten z.B., daß bei 60 °C und Entnahmeimpuls bzw. Zirkulationsbetrieb praktisch eine umgehende Abtötung eintrat, wobei ein Nachweis am Speicherausgang bereits ab 55 °C nicht mehr gegeben war [1].

Diese Laborergebnisse haben zwischenzeitlich durch umfangreiche Felduntersuchungen eine Bestätigung gefunden [2,3]. Insbesondere aus den Ergebnissen der Untersuchungen von TIEFENBRUNNER und DIERICH, die von einem Arbeitskreis verschiedener Firmen mitgetragen werden, lassen sich folgende Aussagen und Ableitungen für Warmwasser-Speichersysteme bis zu einem Inhalt von ca. 500 l treffen:

- Die Verhältnisse in Ein- und Zweifamilienhäusern mit kleinen Wasservolumina in der Trinkwasserinstallation und hinreichendem Wasservolumen im Speicher bieten Legionellen keine Möglichkeit der Vermehrung.
- Die aus wirtschaftlichen Gründen bevorzugten Speicherwassertemperaturen zwischen etwa 48 und 60 °C führen in Ein- und Zweifamilienhäusern nicht zur Legionellenvermehrung in den Speichern.
- Größer dimensionierte Speicher-Wassererwärmer sind unter diesen Bedingungen offensichtlich besser geeignet, das Legionellenwachstum zu verhindern als unterdimensionierte Warmwasserspeicher.
- Daher kann empfohlen werden, Speicher-Wassererwärmer für Ein- und Zweifamilienhäuser nach DIN 4708 innerhalb der oberen Bandbreiten auszuwählen.

Es sollten nur Speichersysteme zur Trinkwassererwärmung eingesetzt werden, welche die nachfolgenden Rohrsysteme mit legionellenfreiem Trinkwasser versorgen und im Bedarfsfall die Möglichkeit bieten, Rohrleitungen und Installationsteile thermisch zu desinfizieren.

Nach den Untersuchungen ist es nicht auszuschließen, daß es in Ablagerungen zur Keimvermehrung kommen kann.

Als besonders kritisch müssen Rohrleitungen angesehen werden, deren Oberflächenangebot durch Korrosionsvorgänge und/oder Ablagerungen potenziert wird.

Die eingesetzten Werkstoffe sollten daher a priori, d.h. ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen, korrosionsbeständig sein und nach Möglichkeit weder temporären noch indirekten Wechselwirkungen mit dem Trinkwasser unterliegen.

In den letztgenannten Fällen können sich durch Ablagerungen Temperaturgradienten einstellen, die zur Änderung der gleichmäßigen Temperaturverteilung im Speicher selbst führen können.

Die vorgenannten Ergebnisse, die hinsichtlich der Ein- und Zweifamilienhäuser auch Berücksichtigung im Regelwerk [6] finden sollten, stehen im Gegensatz zu den Verhältnissen in Großgebäuden, wie z.B. Krankenhäuser oder Hotels. Eine mögliche Erklärung wird im Vergleich zum häuslichen Bereich in den großen und zum Teil unübersichtlichen Leitungsnetzen gesehen, die wesentlich größere besiedelbare Oberflächen aufweisen. Ein definitiver Nachweis ist offen und Ziel zahlreicher Forschungsvorhaben. Daher sollten alle bisher erkannten Parameter und Merkmale, die einer Vermehrung von Legionellen entgegenwirken, um- und eingesetzt werden.

Konstruktionsmerkmale

Hierzu gehören im wesentlichen:

- Gleichmäßige Temperaturverteilung in Warmwasserspeichern,
- keine temporären und/oder zusätzlichen Veränderungen in den Systemen, sofern sie aus technisch-physikalischen Gründen nicht völlig auszuschließen sind,
- Reinigungs- und Inspektionsmöglichkeiten, je nach Ausführungsart und den damit verbundenen zusätzlichen und/oder temporären Veränderungen.

Zu den Ausführungen von Speicher-Wassererwärmern

Eine entsprechende Aufteilung ist in DIN 4753 gegeben, wobei ein Einteilungskriterium die Korrosionsschutzzuordnung der Werkstoffe bzw. des Systems darstellt:

- Warmwasserspeicher mit Korrosionsschutz durch korrosionsbeständige metallische Werkstoffe (Teil 7).
- Warmwasserspeicher mit Korrosionsschutz durch thermoplastische Beschichtungstoffe ohne zusätzlichen kathodischen Korrosionsschutz (Teil 9).

- Warmwasserspeicher mit Korrosionsschutz durch Emaillierung und kathodischen Korrosionsschutz (Teil 3 und Teil 6).

Die Forderung, daß keine zusätzlichen und/oder temporären Veränderungen von seiten des Warmwasserspeichers erfolgen, was im Grunde natürlich für das gesamte Installationssystem gilt, kann erfüllt werden, wenn der Korrosionsschutz

- nach Teil 7 über hochlegierte nichtrostende Edelstähle bzw.
- nach Teil 9 über eine geeignete thermoplastische Beschichtung

realisiert wird.

Als nichtrostende Edelstähle kommen hochlegierte austenitische Stähle zum Einsatz:

- für Warmwasserspeicher z.B. X6 CrNiMoTi 17 12 2, Werkstoff-Nr. 1.4571, also ein Stahl der mit etwa 17 % Chrom, 12 % Nickel und 2 % Molybdän legiert ist,
- für Rohre z.B. X5 CrNiMo 17 12 2, Werkstoff-Nr. 1.4401, mit vergleichbaren Legierungsgehalten.

Als geeignete thermoplastische Beschichtung hat sich Polyamid 11 herausgestellt. PA 11 hat wenige polare Gruppen in den CH_2 -Ketten und wird als Pulver ohne plastifizierende Zusätze aufgesintert. Es ist bis zu Wassertemperaturen von 85 °C zugelassen und entspricht sowohl den KTW-Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes als auch den Anforderungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 270.

Im Gegensatz zu Rohren aus Kunststoffen ist bei der Applikation durch Sintern auf einem metallischen Träger zu beachten, daß keine Sauerstoffdiffusion von außen durch den Kunststoff möglich ist.

In den erörterten Fällen, nach DIN 4753 Teil 7 und Teil 9, gelten für den Trinkwasserbereich:

- keine meßbaren chemischen Reaktionen mit Wasser bzw. Wasserinhaltsstoffen,
- keine temporären Veränderungen, z.B. über Schutzschichtbildung und/oder mechanisch bedingte Beeinträchtigungen,
- keine indirekten Veränderungen über zusätzliche Reaktionsprodukte, z.B. über elektrochemische Schutzreaktionen.

Zu den Bauweisen

Bei den Speicher-Wassererwärmern hat sich im wesentlichen die Fremdbeheizung durchgesetzt:

- Erwärmung mittels Heizwassers über eine innere Rohrheizfläche als Heizwendel (innenbeheizter Speicher).
- Erwärmung mittels den Speicher umgebender, heizwasserführender äußerer Heizfläche als Doppelmantel (außenbeheizter Speicher).

In beiden Bauweisen läßt sich die Forderung nach stabiler gleichmäßiger Temperaturverteilung und die Vermeidung von "Totzonen" konstruktiv gestalten. Bei dem Doppelmantelprinzip mit bis unter den Boden gezogenem Heizmantel ist das Fehlen von "Totzonen" offenkundig. Weiterhin kommt die von Einbauten freie Innenform einer Inspektion und der Absaugung von eingetragenen Fremdpartikeln entgegen.

Bei der Innenbeheizung wurde gegenüber früheren Ausführungen die Heizwendel spezifisch geändert, an den Boden des Speichers nahezu angelegt und der Heizwasser-rücklauf durch den Boden selbst geführt. Auch die Kaltwasserzufuhr wurde aus dem Mantelschuß in den Boden an die tiefste Stelle der Speicher gelegt. Thermografische Untersuchungen belegen die damit erzielten gleichmäßigen Temperaturverhältnisse in den Speichern [4,5].

Mit diesen Konstruktionsänderungen waren z.T. erhebliche Entwicklungsarbeiten verbunden.

Als Beispiel sei auf die spezifizierte Heizwendel in kegeliger Form mit Tiefwendelung und Bodenzuführung verwiesen. Diese Ausführung ist praktisch nur in einem homogenen, biegsamen und zähen Werkstoff, wie z.B. nichtrostendem Stahl, möglich, der auch erhebliche Betriebskräfte aufnehmen kann. Neben der gewährleisteten gleichmäßigen Temperaturverteilung hat sich durch günstige Anströmverhältnisse weiterhin eine deutliche Leistungssteigerung im Aufheizverhalten ergeben.

Zur Reinigung und Inspektion der Warmwasserspeicher

Je nach zusätzlichen und/oder temporären Veränderungen in den Speichern ist eine Inspektion bzw. Reinigung erforderlich. Es ist ein erheblicher Unterschied, ob nur relativ geringe Mengen an eingetragenen Fremdpartikeln entfernt werden müssen, die zudem über Feinfilter ferngehalten werden können oder ob eine größere Menge an zusätzlich gebildetem Schlamm entfernt werden muß. Insofern ist der DVGW-Entwurf [6] hinsichtlich der Reinigungsöffnungen nicht konsequent und stellt einen Kompromiß dar. Die Forderung, alle Flächen mechanisch reinigen zu können, ist m.E. nur bei weitgehender Demontage des Speichers möglich.

Obwohl bei Warmwasserspeichern aus nichtrostendem Edelstahl in der Regel eine Inspektionsöffnung zum Absaugen von eventuell eingetragenen Fremdpartikeln ausreicht, wurden Speicher mit größerer Reinigungsöffnung entwickelt. Sie werden im Markt nur in geringer Zahl angenommen (ca. 10 % gegenüber der Normalausführung) und bestätigen damit die genannten Verhältnisse für Warmwasserspeicher aus nichtrostendem Edelstahl.

Unterschiedlich wird auch die Frage nach dem Einbau von Feinfiltern beurteilt. Während der Einbau nach DIN 1988 für Trinkwasserinstallationen mit metallischen Werkstoffen vorgegeben und für Kunststoffe empfohlen wird, steht dem Einbau von Feinfiltern im Krankenhausbereich die Auffassung entgegen, daß sie hier bezüglich Keimvermehrung ein hygienisches Risiko darstellen können.

Zur Installation

Membranausdehnungsgefäße (MAG)

MAG werden zur Erzielung einer notwendigen Druckvorlage im Heizwasserkreislauf eingesetzt. Man findet sie jedoch auch in der Kaltwasserzuführung von Trinkwasser-

erwärmen. Hier soll das MAG die Aufgabe übernehmen, Druckerhöhungen bei der Aufheizung infolge des Volumenanstieges zu kompensieren, da ansonsten das Überdruckventil anspricht und Wasser austreten kann. Der Wasseraustritt wird zwar vermieden, aber MAG haben zum Teil nicht die KTW-Zulassung der integrierten Membran und können zusätzlich eine Stichleitung darstellen, wenn sie nicht nach dem Durchströmungsprinzip ausgelegt sind. Die Anforderungen an geeignete MAG sollten spezifiziert werden.

Rohrsysteme

Wie eingangs erwähnt, ist ein Gefährdungspotential in den umfangreichen Rohrsystemen mit ihrem hohen Oberflächenangebot in Großbauten zu sehen, und zwar sowohl in warm- als auch vermutlich in kaltgehenden Leitungen.

Es wären Rohrwerkstoffe vorteilhaft, die nur geringen und überschaubaren temporären Veränderungen unterliegen und zu definierten Verhältnissen führen, wie sie in sauberen Speichern vorliegen.

Um hier zunächst eine abgesicherte Ausgangsbasis zu erhalten, wurde von der erwähnten Firmen-ARGE eine Prüfanlage errichtet, die unter Praxisbedingungen arbeitet. Als Rohrwerkstoffe wurden eingesetzt: Kupferrohre, verzinkte Stahlrohre und Kunststoffrohre (VPE) neben Edelstahlrohren (1.4401) als neutralen Zuleitungen.

Die Schwierigkeiten der Untersuchungen unter an sich definierten Praxisverhältnissen können am Beispiel des Kupferrohres kurz angeführt werden. Kupferrohre gibt es in verschiedenen Qualitäten, wie Kupferrohre weich bzw. hart, die jeweils eine andere Oberflächenstruktur durch Kaltziehen oder Glühen aufweisen. Weiterhin hat sich die Restmenge an zulässigen Ziehmittelgehalten oder Kohlenstofffilmen ständig geändert, so daß Aussagen zum Kupfer schlechthin kaum möglich sind.

Bei temporären Veränderungen kommt hinzu, daß sich z.B. über gebildete Korrosionserscheinungen auch Strömungsverhältnisse von laminar nach turbulent ändern können. Möglicherweise sind derartige Verhältnisse in Rohrsystemen sogar gegenüber dem Einfluß des Rohrwerkstoffes dominant. Hier soll die Versuchsanlage zur Aufklärung beitragen.

Abschließende Bemerkung

Bei den vielfältigen Variablen, die das hygienische Verhalten in der Trinkwassererwärmung beeinflussen, sollten veränderliche technische Einflußgrößen zugunsten stabiler Verhältnisse vermieden werden. Konstruktive Änderungen im Bereich der Warmwasserspeicher haben zu stabilen thermischen, keimeliminierenden Verhältnissen geführt. Weiterhin stehen Werkstoffe zur Verfügung, die weder temporären Wechselwirkungen unterliegen noch zusätzliche Reaktionen nach sich ziehen. Es verbleiben jedoch noch zahlreiche, z.T. unbekannte Wechselwirkungen wobei das Verhalten der Legionellen mit einer Begleitflora wohl an erster Stelle zu nennen ist.

Literatur

1. Burger, H., Straub, S. und Viessmann, Th.: "Zur Frage der Legionellen in der zentralen Warmwasserbereitung von Haushalten und Speicherwassererwärmern". XXII. Internationaler Kongreß Technische Gebäudeausrüstung, Berlin, Okt. 1988, 226 - 230
2. Tiefenbrunner, F. und Dierich, M.P.: "Bewertung des Legionellen-Vorkommens in Trinkwasserinstallationen von Ein- und Zweifamilienhäusern". Sanitär und Heizungstechnik 1, (1991), 10 - 16
3. Mathys, W. und Junge, E.: "Legionellen in Wassersystemen privater Haushalte und von Hallenbädern". Vortrag Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, Münster 1990
4. Eigene, unveröffentlichte Untersuchungen
5. Egger, R.: "Legionellenfreie zentrale Warmwasserbereitung". HLH 2, (1990), 139 - 146.
6. DVGW-Arbeitsblatt W 551 "Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen: Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums", (Entwurf August 1991), im März 1993 in das DVGW-Regelwerk aufgenommen worden
7. DIN 1988, Teil 2: Technische Regeln für Trinkwasser Installation (TRWI) - Planung und Ausführung; Bauteile, Apparate, Werkstoffe. Technische Regel des DVGW, Dezember 1988, Beuth Verlag Berlin, 1988

Vorkommen und Bewertung von Legionellen in Krankenhäusern und anderen Großgebäuden

M. Exner, G.J. Tuschewitzki, B. Langer, F. Wernicke u. St. Pleischl

1. Einleitung

Die Bewertung des Vorkommens von Legionellen in Krankenhäusern und anderen Großgebäuden kann nur in Kenntnis der wichtigsten epidemiologischen Fakten und Charakteristika der durch Legionellen ausgelösten Erkrankungen erfolgen. Die mit der Bewertung verbundenen Empfehlungen bezüglich weitergehender akuter, mittelfristiger und langfristiger Maßnahmen müssen dabei in einem sinnvollen und realistischen Verhältnis zum damit zu erzielenden Nutzen, nämlich der Minimierung von potentiellen Infektionsrisiken stehen.

Eine weitere Voraussetzung für das Verständnis der Bewertungskriterien ist die Kenntnis, aufgrund welcher Prämissen bzw. welcher Kriterien das Vorkommen von Legionellen ermittelt wird.

Im folgenden soll daher auf

- die Epidemiologie und Charakteristika der durch Legionellen ausgelösten Erkrankungen,
- die Grundprinzipien bei der Untersuchung und Bewertung und
- das Vorkommen von Legionellen in Krankenhäusern und anderen Großgebäuden eingegangen werden.

2. Epidemiologie und Charakteristika

Die Diskussion der Frage, ob und welche Maßnahmen zur Prävention von Erkrankungen zu ergreifen bzw. gerechtfertigt sind, richtet sich nach der Wertigkeit einer Erkrankung. Hierbei müßten berücksichtigt werden:

- die epidemiologische Bedeutung (Morbidität, Mortalität, Letalität) der Erkrankung,
- die betroffene Bevölkerungsgruppe,
- die Sicherheit der Diagnostik einer Erkrankung,

- die Therapierbarkeit,
- die Art der Infektionsquelle (endogen, exogen),
- die Verhütbarkeit,
- die Beeinflussbarkeit der Infektionsquelle und
- der Aufwand für präventive Untersuchungen und
- die Berücksichtigung der gesetzlichen Situation.

Wegen der Bedeutung für das Verständnis von Bewertungsmaßstäben sollen daher einige wesentliche Punkte nochmals herausgestellt werden.

1. Legionellen sind Erreger u.a. von Pneumonien, neben Pontiac-Fieber, Endokarditiden, Wundinfektionen und Septikämien, weswegen kurz auf die Epidemiologie und Ätiologie der Pneumonien allgemein eingegangen werden soll.

Das Krankheitsbild der Pneumonie allgemein - unabhängig von der Ätiologie - hat einen hohen epidemiologischen Stellenwert. Pneumonien stehen hinsichtlich der Mortalitätsrate in der Gesamtbevölkerung in den USA an sechster Stelle der Todesursachen [1].

Bei über 65 Jahre alten und älteren Personen stehen Pneumonien und Influenza an fünfter Stelle [2].

Von erheblicher Bedeutung ist die Zunahme des Anteils von Pneumonien und Influenza an den Todesursachen in den USA von 1979 bis 1988 um 27 %. Dies steht im bemerkenswerten Gegensatz zu der entsprechenden Reduktion des Anteils von Herzerkrankungen und zerebrovaskulären Erkrankungen. Die entsprechende epidemiologische Gesamtsituation kann zur Orientierung auch auf die Bundesrepublik Deutschland übertragen werden. Die Pneumonie muß somit als Krankheit mit hoher epidemiologischer Bedeutung bezüglich Morbidität und Mortalität außerordentlich ernst genommen werden, wobei ihr Anteil an der Morbidität und Mortalität im Steigen begriffen ist. Ursachen hierfür sind u.a. die Zunahme älterer Personen, die Zunahme abwehrgeschwächter Personen und unter immunsuppressiver Therapie stehender Personen.

Nach FERLINZ [3] hat die Pneumonie die höchste Todesrate in hohem Alter. Die Alterspneumonien machen ca. 80 % aller Todesfälle an Pneumonien aus (Tab. 1).

Die Ätiologie der Pneumonien, insbesondere der außerhalb des Krankenhauses erworbenen Pneumonien, ist nur zu einem geringen Teil bekannt. Nach FERLINZ sind die Erreger der Pneumonie in Mitteleuropa in der Mortalitätsstatistik in weniger als 10 % aller Fälle identifiziert. Bei globaler Betrachtung aller ernst zu nehmenden Pneumonien ist die tatsächliche Erregerkenntnis unter 1 % anzusetzen [3].

2. Die Bedeutung der Legionellen als Erreger schwer verlaufender Pneumonien ist offensichtlich u.a. aufgrund der schwierigen Diagnostik bislang unterschätzt worden. Aufgrund eigener Erfahrungen ist davon auszugehen, daß insbesondere bei ambulant erworbenen Pneumonien die Diagnostik nur unzureichend angestrebt wird. Epidemiologische Untersuchungen zur Ätiologie, ambulant und im Krankenhaus erworbener Pneumonien zeigen, daß Legionellen in verschiedenen, auch neuesten

Studien, an zweiter bzw. dritter Stelle der häufigsten bakteriellen Pneumonie-Erreger nach Streptococcus pneumoniae und Haemophilus influenzae stehen [4, 5, 6, 7]. Hierbei sind jedoch auch regionale Unterschiede zu berücksichtigen (Tab. 2).

3. Durch verbesserte Diagnostik und verbesserte epidemiologische Verfahren, z.B. durch Hinzunahme des Urin-Antigen-Nachweises bei der Legionellen-Diagnostik, dürfte die Rate diagnostizierter Legionellen-Pneumonien in nächster Zeit zunehmen [8].
4. Die Altersverteilung der in den USA meldepflichtigen Legionellen-Infektionen zeigt, (Tab. 3) für 1988, daß
 - 48 % der gemeldeten Legionellen-Infektionen bei 60 Jahre alten und älteren Personen auftraten
 - auch in allen anderen Altersgruppen einschl. bei Kindern unter 1 Jahr nachgewiesen wurden [9].Dies bedeutet einerseits, daß insbesondere ältere Menschen besonders vor Legionellen-Infektionen geschützt werden müssen, andererseits daß auch andere Altersgruppen von Legionellen-Infektionen betroffen sind.
5. Die Legionellen-Infektion hinterläßt offensichtlich eine nur kurz dauernde Immunität, was bedeutet, daß bei späteren Expositionen gegenüber Infektionsquellen eine Reinfektion wahrscheinlich ist [10].
6. Mit Erythromycin steht zwar ein wirksames Antibiotikum zur Therapie von Legionellen-Infektionen zur Verfügung, wodurch die Mortalität bei immun-kompetenten Patienten verringert werden kann; bei nosokomialen Infektionen kann jedoch die Mortalität bis zu 50 % betragen, insbesondere dann, wenn die Antibiotika-Therapie zu spät begonnen wird [10].
7. Der entscheidende Unterschied zu anderen, z.T. endogen vorkommenden Krankheitserregern oder von Mensch zu Mensch übertragenen Krankheitserregern ist, daß Legionellen ausschl. exogen, aus dem technisch konditionierten Umfeld stammend, auf den Menschen übertragen werden. Wichtigste Infektionsquelle ist hierbei das kontaminierte Hausinstallationssystem in großen Gebäuden, neben raumluftechnischen Anlagen, Inhalationsgeräten etc. [1].
8. Durch Eliminierung oder Minimierung des Vorkommens von Legionellen im technisch konditionierten Umfeld sind Legionellen-Infektionen nahezu vollständig zu verhüten.

Legionellen sind somit sicher keine exotischen Erreger, sondern müssen als wichtigste, ausschließlich umweltbedingte Erreger u.a. der Pneumonie, einer Erkrankung von hoher epidemiologischer Bedeutung angesehen werden. Diese Bedeutung der Legionellose

rechtfertigt daher erhebliche Anstrengungen zur Optimierung der Verhütung, Erkennung und Bekämpfung dieser Infektionserreger.

3. Grundprinzipien bei Untersuchung und Bewertung

Maßnahmen und Verhütung schließen neben entsprechenden Maßnahmen wie der Verbesserung der Konstruktion, Wartung und dem Betrieb von Hausinstallationsystemen und anderen wasserführenden Systemen grundsätzlich auch die Untersuchung zum Vorkommen von Legionellen in wasserführenden Systemen ein. Dabei lassen sich verschiedene Indikationen für entsprechende Untersuchungen von wasserführenden Systemen auf Legionellen unterscheiden:

- die präventive oder prophylaktische, routinemäßige Kontrolle des Hausinstallationsystems,
- die Untersuchung von Hausinstallationssystemen zur Identifizierung der Infektionsquelle nach Auftreten von Infektionen und
- Untersuchung auf Kontrolle des Erfolgs von Sanierungsmaßnahmen.

Während Untersuchungen zur Identifizierung von Infektionsquellen nach Auftreten von Legionelleninfektionen und zur Kontrolle des Erfolgs von Sanierungsmaßnahmen in der Diskussion unstrittig sind, wird insbesondere die Frage, ob eine routinemäßige, präventive Untersuchung des Vorkommens von Legionellen in Hausinstallationsystemen sinnvoll sei, derzeit kontrovers diskutiert.

Ein Memorandum der WHO zur Epidemiologie, Prävention und Kontrolle von Legionellose führt hierzu aus [11]:

"Es gibt keine Hinweise, welche die Bestimmung der Sicherheit eines gegebenen Wasserversorgungssystems auf der Basis der Konzentration von Legionellen in einer Wasserprobe rechtfertigen. Die routinemäßige Untersuchung von wasserführenden Systemen auf die Anwesenheit von Legionella allein wird aus diesem Grunde nicht empfohlen."

In der Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen des Bundesgesundheitsamtes "Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung" heißt es andererseits,

"daß im Krankenhaus routinemäßige Wasseruntersuchungen durchzuführen und zu protokollieren seien. Art, Umfang und Häufigkeit regelt der Hygieneplan. Mikrobiologische Untersuchungen sind insbesondere erforderlich

- von Wasser bei Verdacht auf nosokomiale Infektionen (z.B. durch Legionellen in Warmwassersystemen, oder Pseudomonaden in Beatmungs- und Dialysegeräten).

Bei Vorliegen hygienetechnisch unzulänglicher Bedingungen in der Wasserversorgung ist das System auf die Ursachen der mikrobiellen Kontamination zu untersuchen" [12].

In den allgemeineren Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos [13] heißt es:

"Die vorliegenden Empfehlungen sollen auf eine drastische Reduzierung des Vorkommens von Legionellen in technischen Systemen und damit auf eine Verminderung des Infektionsrisikos abstellen."

Insbesondere die WHO-Empfehlungen [11] gehen davon aus, daß entsprechende Kontrolluntersuchungen erst nach Auftreten von Infektionen durchzuführen seien, wobei unter Berücksichtigung der o.a. Charakteristika der Legionellen-Infektion dies nach unserer Auffassung mit präventiv-medizinischen Prinzipien nicht vereinbar ist.

Ein weiteres wichtiges Argument, welches gegen die Strategie spricht, erst nach Auftreten von Legionellen-Infektionen nach Infektionsquellen zu fahnden, ist die Tatsache, daß die Diagnostik der Legionellen-Infektion derzeit unbefriedigend ist, und davon auszugehen ist, daß zahlreiche Legionellen-Erkrankungen nicht diagnostiziert werden. Ein solches Vorgehen wäre allenfalls dann zu rechtfertigen, wenn die Legionellen-Diagnostik so sicher ist, daß jede Legionellen-Erkrankung wirklich erkannt wird und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden.

Legionellen-Infektionen treten nur selten als sog. "Explosiv-Epidemie" auf, wobei plötzlich eine Vielzahl von Infektionen auftreten. Häufig treten entsprechende Infektionen sukzessive auf, so daß bei unzureichender Diagnostik die Infektionen nicht erkannt und keine weitergehenden Maßnahmen erfolgen.

Auf der anderen Seite konnte in der Vergangenheit gezeigt werden, daß Legionellen-Epidemien im Zusammenhang mit kontaminierten Hausinstallationssystemen durch Minimierung der Legionellen-Konzentrationen in Hausinstallationssystemen beendet werden konnten.

Eigene Untersuchungen [14] ergaben in einem Klinikkomplex hohe systemische Legionellen-Kontaminationen des warmwasserführenden Systems. Erst hiernach wurde seitens der behandelnden Ärzte systematisch und prospektiv nach Legionellen-Infektionen gefahndet. Innerhalb eines Zeitraumes von einem Monat konnten acht Legionellen-Infektionen diagnostiziert bzw. wahrscheinlich gemacht werden, wobei nach erfolgreicher Sanierung des Systems keine weiteren Legionellen-Infektionen diagnostiziert wurden.

Von seiten der behandelnden Ärzte der Klinik wurde darauf hingewiesen, daß sie ohne Kenntnis einer massiven Legionellen-Kontamination des Hausinstallationssystems Legionellen-Infektionen differential-diagnostisch nicht mit in Erwägung gezogen hätten.

In einer prospektiven Untersuchung von YU et al. [15] bezüglich der routinemäßigen Überprüfung des Wasserversorgungssystems in drei Krankenhäusern, konnte gezeigt werden, daß in einem Krankenhaus, dessen Wasserversorgungssystem mit Legionella pneumophila Serogruppe 1 systemisch kontaminiert war, die Rate der nosokomialen Legionellen-Erkrankungen bei 9 % lag, wobei es sich um identische Legionellen-Serotypen handelte, die auch im Warmwasserversorgungssystem vorkamen. In einem anderen Krankenhaus, dessen Wasserversorgungssystem legionellenfrei war, konnten keine entsprechenden Legionellen-Infektionen festgestellt werden.

Nachdem nunmehr die Trinkwasserverordnung auch das Hausinstallationssystem ausdrücklich mit in ihren Regelungsbereich einbezieht und auch epidemiologische Hinweise für den Nutzen präventiver Untersuchungen sprechen, müssen entsprechende Kriterien

für die Untersuchung entwickelt werden. Derzeit liegen jedoch keine entsprechenden Beurteilungsmaßstäbe vor.

Grundsätzliche Kriterien zur Bewertung des Vorkommens von Legionellen in Hausinstallationssystemen sind:

- die Höhe der Legionella-Koloniezahl (pro l, bzw. ml),
- Serovarität (Vorkommen besonders virulenter Legionellen, z.B. Legionella pneumophila Serogruppe 1, Subtyp Pontiac) und
- patientenabhängige Faktoren (bestimmungsgemäßer Aufenthalt von abwehrgeschwächten, alten oder unter immunsuppressiver Therapie stehenden Personen).

Ein wichtiges Hindernis bei der Etablierung eines strukturierten Untersuchungsverfahrens hat in der Vergangenheit darin gelegen, daß grundsätzlich jede einzelne Dusche oder jeder einzelne Wasserhahn als isolierte Infektionsquelle in Frage kommt. In einem großen Klinikum gibt es mehr als 2.000 Zapfstellen. Die Untersuchung einer derartigen Vielzahl von potentiellen Infektionsquellen ist nicht sinnvoll, da mit vertretbarem und nicht zuletzt finanziellem Aufwand nicht realisierbar.

Um dennoch zu einem strukturierten Vorgehen zu gelangen, wird am Hygiene-Institut des Ruhrgebietes zu Gelsenkirchen

- zwischen einer systemischen Kontamination und
- einer nicht systemischen oder lokalen Kontamination eines Hausinstallationssystems unterschieden.

Eine nicht systemische oder lokale Kontamination liegt dann vor, wenn nur einzelne Entnahmestellen isoliert mit Legionellen kontaminiert sind. In einem derartigen Fall kann durch einfaches Ausspülen die Zahl von Legionellen oder anderen Mikroorganismen (z.B. *P.aeruginosa*) deutlich reduziert werden.

Eine systemische Kontamination liegt dann vor, wenn auch zentrale Bereiche des Hausinstallationssystems mit Legionellen kontaminiert sind. Hierdurch kommt es zu einer regelmäßigen Kontamination der einzelnen Leitungsteile und der einzelnen Zapfstellen. In derartigen Fällen läßt sich durch Ausspülen einzelner Zapfstellen keine Verringerung der Legionellen-Kontamination erzielen. Es muß im Gegenteil davon ausgegangen werden, daß es z.T. nach Ausspülen der einzelnen Zapfstelle zu einer Erhöhung der Legionellen-Kontamination kommt. Darüber hinaus ist jede Sanierung der Peripherie so lange sinn- und erfolglos, solange eine systemische Kontamination besteht. Die erfolgreiche Sanierung der zentralen Kontamination ist der erste Schritt und unabdingbare Voraussetzung für eine endgültige Sanierung auch der Peripherie.

Eine systemische Kontamination ist dann anzunehmen, wenn sowohl bei Untersuchung zentraler Bereiche (Boilerwasser, Warm- bzw. Mischwasser, Zirkulationswasser) sowie auch bei Untersuchung peripherer Bereiche (Endstränge mit Dusche, Zapfstellen an Waschtisch, Spülbecken oder Wanne) nach Abflammen der entsprechenden Entnahmestellen und fünfminütigem Laufenlassen nach Temperaturkonstanz Legionellen nachgewiesen werden können.

Das Konzept des Hygiene-Instituts des Ruhrgebietes bei der präventiven Untersuchung von Hausinstallationssystemen ist mit Ausnahme von

Hochrisikobereichen (Transplantationseinheiten, Intensivstationen) darauf ausgerichtet, die systemische Kontamination zu erfassen [16].

Durch Konzentration auf die Erfassung einer systemischen Kontamination kann die Untersuchung der Legionellen-Kontamination von Hausinstallationssystemen mit vertretbarem, finanziellem Aufwand ermöglicht werden.

Die Erfassung der systemischen Kontamination erfordert jedoch ein planvolles Vorgehen. Hierzu zählt die Einheit von

- Ortsbesichtigung mit Charakterisierung des Hausinstallationssystems,
- Probenahme,
- Untersuchung und
- Bewertung.

Die Ortsbesichtigung erfolgt grundsätzlich durch Mitarbeiter des Hygiene-Instituts, da eine Bewertung der entsprechenden Befunde nur in Kenntnis der Örtlichkeiten ermöglicht wird. Darüber hinaus können erst nach Kenntnis der entsprechenden Charakteristika des Hausinstallationssystems die Probeentnahmestellen sinnvoll festgelegt werden.

Die Charakterisierung des Hausinstallationssystems erfolgt nach einer "Checkliste", worin u.a. Objektart, Objektgröße, Anordnung der Bauteile, Trinkwasserversorgung, Fragen nach Wasserbehandlung, Charakterisierung der zentralen Trinkwassererwärmungsanlage unter Vorlage entsprechender Pläne und Angaben zum Installationssystem (Alter des Rohrleitungsnetzes, Material, Isolierung zwischen Kalt- und Warmwasser, dezentrale Mischer usw.) erfaßt werden.

Hiernach erfolgt die Festlegung der Entnahmestellen, wobei in der Zentrale wie in der Peripherie ausgewählte Bereiche beprobt werden.

Die Probenahme in der Peripherie erfolgt nach DIN, wobei die Wasserzapfstellen über einen Zeitraum von fünf Minuten nach Erreichen der Temperaturkonstanz gespült werden.

Die Untersuchung der Wasserproben erfolgt nach dem in Abb. 1 dargelegten Schema.

4. Bewertung

Ziel der Bewertung des Ergebnisses einer präventiven Legionellen-Untersuchung des Hausinstallationssystems auf Legionellen ist es, dem Betreiber eines Hausinstallationssystems und dem öffentlichen Gesundheitsdienst die Abwägung zu ermöglichen, ob Handlungsbedarf (akut, mittelfristig, langfristig) besteht.

Akuter Handlungsbedarf darf jedoch nicht mit ungezielten Maßnahmen in Hektik und Panik gleichgesetzt werden. Ziel bei allen Maßnahmen muß es sein, daß präzise und strukturiert, jedoch ohne unnötigen Zeitverlust, entsprechende Maßnahmen etabliert werden, die zu einer endgültigen Sanierung, d.h. drastischen Reduzierung der systemischen Legionellen-Kontamination führen.

Weiterhin kann in Kenntnis einer massiven Legionellen-Kontamination des Hausinstallationssystems in Krankenhäusern oder Altenheimen den dort tätigen Ärzten ein

entsprechender Hinweis die Möglichkeit geben, bei Auftreten von respiratorischen Infektionen differential-diagnostisch an eine Legionellose zu denken, diese sachgerecht abzuklären, sowie bei entsprechender klinischer Konstellation umgehend eine Therapie mit Erythromycin zu beginnen.

Im folgenden werden die Beurteilungskriterien, die am Hygiene-Institut des Ruhrgebiets eingeführt wurden erläutert.

In Abhängigkeit von

- der Nutzungsart,
- der Legionellen-Konzentration und
- den nachgewiesenen Serovarietäten,

werden die Hausinstallationssysteme in 3 Kategorien eingeteilt (Tab. 4a und 4b).

Kategorie I bedeutet, daß eine Sanierung unverzüglich erforderlich ist. Sofern eine sofortige Sanierung nicht erzielbar ist, sollten vorläufige Maßnahmen zur Minderung der Legionellen-Konzentration im Hausinstallationssystem ergriffen werden. Dabei bedeutet "unverzüglich", daß ohne schuldhaftes Verzögerung, d.h. bis zur Durchführung vorläufiger oder endgültiger Maßnahmen, keine Zeit verstreichen sollte, die nicht für die gründliche Planung desselben genutzt wird. Ohne gründliche Planung muß bei ungezielter Sanierung - wie eigene Erfahrungen zeigen - mit einem Fehlschlag der z.T. teuren Sanierungsmaßnahmen gerechnet werden.

Bei Zuordnung eines kontaminierten Hausinstallationssystems zu Kategorie I wird derzeit seitens des Hygiene-Instituts gefordert, daß die Versorgung von Hochrisikobereichen frei von Legionellen sein sollte. Legionellenfrei bedeutet dabei, daß Legionellen in einem Liter nicht nachweisbar sein sollten. Ggf. bedeutet dies, daß entsprechende Bereiche bzw. die entsprechenden Zapfstellen auch mit Filtern ausgestattet werden sollten.

In den übrigen Bereichen werden Hausinstallationssysteme der Kategorie I dann zugeordnet, wenn in diesen Bereichen eine systemische Kontamination von 10 Legionellen und mehr pro Milliliter nachgewiesen wird. Bei der Festlegung der entsprechenden Legionellen-Konzentrationen richten wir uns dabei nach dem derzeitigen Stand der Diskussion bezüglich infektionsrelevanter Konzentrationen. Diese wird derzeit von mehreren Autoren mit 1.000 Legionellen/ml angegeben. Wir sind hierbei der Auffassung, daß entsprechende Maßnahmen nicht erst bei Erreichen derselben indiziert sind, sondern daß bereits bei geringeren Konzentrationen unter Zugrundelegung eines Sicherheitsfaktors von 100 bei Konzentrationen von 10 Legionellen/ml Handlungsbedarf besteht. Als Zielgröße könnte angestrebt werden, die Legionellenkonzentration im wasserführenden System des technisch konditionierten Umfelds des Menschen auf die im Kaltwasser natürlicher Habitate bei uns vorkommenden Legionellen-Konzentrationen zu begrenzen [17].

Bei Nachweis hochvirulenter Legionellen-Varietäten wie z.B. Legionella pneumophila, Serogruppe 1, Subtyp Pontiac, kann bereits bei geringerer systemischer Legionellen-Kontamination eine Zuordnung zu Kategorie I erfolgen.

Die entsprechenden weiteren Beurteilungskriterien sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Eine regelmäßige Untersuchung halten wir in einem Mindestabstand von einem Jahr für erforderlich. Bei entsprechenden Problemen ist eine Verkürzung des Untersuchungsintervalls erforderlich [16, 18].

Eine weitere Bewertungsskala positiver Legionellenbefunde wurde kürzlich publiziert [19], worin höhere Legionellen-Konzentrationen toleriert werden und ein Untersuchungsintervall in kürzeren Zeitabständen empfohlen wird (Tab. 5).

Es ist darauf hinzuweisen, daß in diesen Bewertungskriterien nicht zwischen einer systemischen und einer dezentralen Kontamination unterschieden wird. Ähnliche Beurteilungskriterien wie die des Hygiene-Instituts des Ruhrgebiets wurden im Marburger Gespräch zur Krankenhaushygiene 1991 verabschiedet [20] (Tab. 6).

5. Untersuchungen zum Vorkommen von Legionellen in Hausinstallationssystemen in unterschiedlichen Gebäudetypen sowie im Badewasseraufbereitungskreislauf

Aufgrund der o.a. Untersuchungs- und Bewertungskriterien wurden in den letzten beiden Jahren unterschiedliche Häuser (Krankenhäuser, Altenpflegeheime, Hotels, Kauen, Verwaltungsgebäude, private Häuser) sowie Bäder untersucht. Die hierbei ermittelten Befunde werden im folgenden dargestellt und diskutiert.

5.1 Nachweishäufigkeit von Legionellen in Hausinstallationssystemen in Abhängigkeit von Kontaminationsart und Gebäudetyp

In Tabelle 7 ist die Nachweishäufigkeit von Legionellen im Hausinstallationssystem in Abhängigkeit von Kontaminationsart und Gebäudetyp dargestellt.

Insgesamt wurden 251 Gebäude hinsichtlich der Legionellen-Kontamination und der Kontaminationsart (systemisch, lokal, unter Nachweisgrenze/l) untersucht.

Bei den untersuchten Gebäudetypen überwogen zahlenmäßig Kliniken und Krankenhäuser, Altenpflege- und Behindertenheime sowie mit deutlichem Abstand Hallen- und Freibäder bzw. Verwaltungsgebäude. Nur wenige Hotels und Sanatorien bzw. Mehr- und Einfamilienhäuser wurden untersucht. Die entsprechenden Ergebnisse sind jedoch trotz der geringen Zahl mit aufgeführt. Eine systemische Kontamination konnte in 48 % aller untersuchten Hausinstallationssysteme der verschiedenen Gebäudetypen festgestellt werden. Von Interesse ist, daß mehr als 50 % der untersuchten Kliniken, Betriebsgebäude, Hallen- und Freibäder sowie Lehrschwimmbecken eine systemische Kontamination ihres Hausinstallationssystems mit Legionellen aufwiesen. Trotz der geringen Zahl untersuchter Hotels und Mehrfamilienhäuser ist auffallend, daß auch in zwei der insgesamt vier untersuchten Hotels und Sanatorien sowie in zwei der insgesamt drei untersuchten Mehrfamilienhäuser eine systemische Kontamination vorlag.

In Alten- und Pflegeheimen konnte nur in 38 % eine systemische Legionellen-Kontamination des Hausinstallationssystems festgestellt werden.

Unter der Nachweisgrenze (nicht nachweisbar in 1 l) lag die Legionellen-Konzentration in insgesamt 37 % der untersuchten Systeme. Auffallend ist hierbei, daß in 52 % der untersuchten Altenpflege- und Behindertenheime, in 78 % der untersuchten Turnhallen in Schulen, sowie in 55 % der untersuchten Verwaltungsgebäude Legionellen unter der Nachweisgrenze lagen. Besonders hervorzuheben ist, daß in allen sechs untersuchten Einfamilienhäusern die Legionellen-Kontamination unter der Nachweisgrenze lag. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Untersucher.

Allgemein läßt sich aufgrund der Untersuchungen ableiten, daß in Großgebäuden eher mit einer systemischen Kontamination zu rechnen ist als in kleineren Gebäuden, wobei insbesondere in Einfamilienhäusern eine Legionellen-Kontamination offensichtlich eher die Ausnahme bildet.

5.2 Legionellen-Vorkommen in systemisch kontaminierten Hausinstallationssystemen in Abhängigkeit von Konzentrationsbereich und Gebäudetyp

Die systemisch kontaminierten 121 Gebäude wurden hinsichtlich des festgestellten Legionellen-Konzentrationsbereiches (KBE/l) in drei unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt.

56 % der untersuchten systemisch kontaminierten Hausinstallationssysteme wiesen eine Kontamination von mehr als 10.000 Legionellen/l (10 Legionellen/ml) auf. Bei 36 % der untersuchten Hausinstallationssysteme lag der Konzentrationsbereich zwischen 100 bis 10.000 Legionellen/l.

Nur bei 8 % der untersuchten Systeme betrug der Konzentrationsbereich der systemisch kontaminierten Hausinstallationssysteme < 100 Legionellen/l.

Hieraus läßt sich der Trend ablesen, daß bei Bestehen einer systemischen Kontamination in der Regel mit einer hohen bzw. mittelgradigen Konzentration der Legionellen-Kontamination zu rechnen ist. Niedrige Legionellen-Konzentrationen sind in systemisch kontaminierten Hausinstallationssystemen die Ausnahme.

In Tabelle 9 sind die in systemisch kontaminierten Hausinstallationssystemen nachgewiesenen Serovarietäten von Legionella pneumophila dargestellt. Die häufigste nachgewiesene Serogruppe von Legionella pneumophila ist Serogruppe 1, die ebenfalls zu dem häufigsten Erreger von durch Legionellen ausgelösten Pneumonien zählt.

Die vorliegenden Untersuchungen legen den Schluß nahe, daß in der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Großgebäude, insbesondere in Kliniken und Krankenhäusern mit einer systemischen Kontamination von Legionellen im hohen Konzentrationsbereich zu rechnen ist, wobei Legionella pneumophila Serogruppe 1 als der virulenteste Serotyp von Legionella pneumophila am häufigsten nachgewiesen wird. In derartigen Gebäuden muß mit einem erhöhten Infektionsrisiko gerechnet werden, woraus sich ein erheblicher zukünftiger Handlungsbedarf ableiten läßt.

5.3 Nachweishäufigkeit und Konzentration von Legionellen in Badewasser innerhalb der unterschiedlichen Stufen des Badewasseraufbereitungs-kreislaufes

Während die in den Tabellen 7 bis 9 dargestellten Ergebnisse zum Vorkommen von Legionellen sich auf deren Vorkommen in Hausinstallationssystemen beziehen, wurden in den in Abb. 2 dargestellten Untersuchungsergebnissen die Nachweishäufigkeiten von Legionellen in unterschiedlichen Stufen des Badewasseraufbereitungs-kreislaufes untersucht. Die Ergebnisse sind u.a. im Hinblick auf die zukünftige Badewasser-Verordnung nach § 11 des Bundes-Seuchengesetzes von Interesse, in der für Legionellen nach dem derzeitigen Stand ein Grenzwert für *Legionella pneumophila* vorgesehen ist.

Insgesamt wurden 72 Badewasser-Aufbereitungsanlagen untersucht.

Im Füllwasser konnte zweimal (= 3 %) eine Legionellen- Kontamination festgestellt werden. Bemerkenswert ist jedoch, daß in einem Fall eine unerwartet hohe Konzentration von 3.000 Legionellen/l festzustellen war. Dies weist auf die grundsätzliche Möglichkeit hin, daß Legionellen bei Vorliegen entsprechender Bedingungen (zu hohe Kaltwassertemperaturen) bereits aus der zentralen Wasserversorgung in das Badewasser-Aufbereitungs-kreislaufsystem eingeschwemmt werden und somit eine entsprechende Legionellen-Kontamination der übrigen Bereiche in Gang gesetzt wird. Bislang wurde in der Regel davon ausgegangen, daß eine Legionellen-Einschwemmung zwar grundsätzlich stattfindet, diese jedoch in Konzentrationen unter der üblichen Nachweisgrenze erfolgt.

Die untersuchten Wässer von Schwallwasser-Behältern waren ebenfalls selten mit Legionellen kontaminiert. Dennoch sind in Schwallwasser-Behältern grundsätzlich günstige Vermehrungsbedingungen durch den hohen Anteil stehenden Wassers durch Sedimente und durch Beläge an den Wandungen gegeben.

Im Rohwasser (vor Eintritt in das Filter) kommt es zu einem geringfügigen Anstieg der Nachweishäufigkeit von Legionellen.

Im Filtrat (vor Desinfektion) steigt die Nachweishäufigkeit von Legionellen deutlich auf 25 % an. Ebenso werden im Filtrat überwiegend hohe Legionellen-Konzentrationen nachgewiesen. Dies weist darauf hin, daß ähnlich wie auch für *Pseudomonas aeruginosa* [21], Filter einen eigenständigen Vermehrungsort für Legionellen darstellen können [22]. Die Filterfunktion, nämlich die Abscheidung von Mikroorganismen ist nur bei einwandfreiem Betrieb und Wartung der Filter gewährleistet. Es muß davon ausgegangen werden, daß sich auf der Filteroberfläche und den Filterkörnern mikrobielle Beläge bilden, die in das Rein- und Beckenwasser durchschlagen können, ohne daß unter derartigen Umständen sichergestellt ist, daß die zwischengeschaltete Desinfektion zu einer Abtötung der in den mikrobiellen Belägen vorkommenden und geschützten Mikroorganismen führt. Die Desinfektion stellt die einzige Maßnahme zur nachfolgenden Abtötung und Eliminierung von Legionellen, die aus dem Filter in das Rein- bzw. Beckenwasser gelangen können, dar. Dies unterstreicht die Bedeutung der Notwendigkeit einer von HÄSSELBARTH geforderten regelmäßigen, sog. fluidisierenden, desinfizierenden Filterrückspülung, wodurch die einzelnen Filterkörner angehoben werden und die entsprechenden Sandkörner bzw. Kieskörner sich

gegeneinander reiben und somit zu einer mechanisch bedingten Lösung des mikrobiellen Belages beitragen (s.a. [22]).

Im Reinwasser sinkt die Nachweishäufigkeit von Legionellen wieder auf den Stand von Füllwasser und Wasser der Schwallwasser-Behälter ab. Dies spricht dafür, daß bei regelmäßiger Desinfektion im Filter die aus dem Filtrat stammenden Legionellen abgetötet werden.

Bemerkenswert ist der Nachweis von Legionella pneumophila in einer Beckenwasserprobe. In diesem Fall konnte hohe Konzentrationen von Legionella pneumophila von 27.000 Legionellen/l nachgewiesen werden. Mittlerweile konnte bei zwei weiteren Beckenwasserproben Legionella pneumophila festgestellt werden. Im vorliegenden Falle ist davon auszugehen, daß auch im Beckenwasser (entnommen mittels Schöpfprobe) Legionellen-Konzentrationen in infektionsrelevanten Konzentrationen bei Aerosolisierung (Wasserpilze, Rutsche, Wasserkanone, Höhle, Grotte) vorliegen können.

Die Untersuchungen zum Vorkommen von Legionellen in verschiedenen Badewasser-Aufbereitungsstufen sind insbesondere im Hinblick auf die neue Badewasserverordnung, in welcher der Nachweis von Legionella pneumophila gefordert wird, von Interesse. Legionella pneumophila stellt einen eigenständigen Krankheitserreger dar, der im Badewasser nicht vorkommen darf. Es gibt keinen anderen Indikator für das Vorkommen eines derartigen Krankheitserregers. Der Nachweis von Legionella pneumophila im Beckenwasser kann ein Hinweis auf

- eine Einschwemmung von außen (zentrale Wasserversorgung),
- einen Vermehrungsort im Schwallwasser-Behälter,
- eine übermäßige Vermehrung im Filter, insbesondere bei unzureichender Filterrückspülung und
- auf eine unzureichende Desinfektionsmittel-Dosierung geben.

6. Zusammenfassung

Folgende Aspekte sollen abschließend nochmals hervorgehoben werden:

1. Pneumonien insgesamt und die durch Legionellen ausgelösten Pneumonien haben eine hohe epidemiologische Bedeutung.
2. Die Infektionsquellen für Legionellen-Infektionen liegen immer außerhalb des Menschen im technisch konditionierten Umfeld, hauptsächlich in Hausinstallationssystemen.
3. Konzentration und Legionellenart sowie prädisponierende Faktoren bei exponierten Personen sind dabei von infektiologischer Bedeutung.
4. Eine Minderung der Infektionsrisiken kann durch drastische Reduzierung der Legionellen-Konzentration erreicht werden.

5. Durch präventive Untersuchungen der Legionellen-Kontamination in Hausinstallationssystemen kann der Handlungsbedarf bestimmt werden. Eine regelmäßige Untersuchung erscheint insbesondere in Krankenhäusern, Altenheimen, in öffentlichen Bädern und ggf. in Hotels sinnvoll.
6. Durch die vorgestellte Konzeption der präventiven Untersuchung können derartige Verfahren mit einem vertretbaren finanziellen Aufwand durchgeführt werden. Mit Ausnahme von Hochrisikobereichen geht es bei Großgebäuden in erster Linie um die Erfassung einer sog. "systemischen Kontamination" des Hausinstallationssystems. Die vorgestellten Untersuchungen zeigen, daß insbesondere in Kliniken und Krankenhäusern mit einem hohen Anteil systemisch kontaminierter Hausinstallationssysteme zu rechnen ist. In den überwiegenden Fällen einer systemischen Kontamination liegt auch eine hohe Legionellen-Konzentration (> 10.000 Legionellen/l) vor.
7. Die Minderung oder Eliminierung einer systemischen Legionellen-Kontamination von Hausinstallationssystemen ist unabdingbare Voraussetzung für die Minderung einer lokalen bzw. dezentralen Kontamination innerhalb des Hausinstallationssystems.
8. Ziel entsprechender Sanierungsmaßnahmen sollte es sein, die Konzentration von Legionellen auf die Konzentrationen zu mindern, die in kalten Wässern natürlicher Habitate vorkommen.
9. In Badewasser-Aufbereitungskreisläufen stellen offensichtlich Filter eigenständige Vermehrungsorte für Legionellen dar, die Ursache für eine Kontamination des Beckenwassers sein können.
10. Präventive Untersuchungen der Legionellen-Kontamination von Hausinstallationssystemen, Badewässern und anderen Bereichen stellen ein wichtiges Instrumentarium zur Überwachung und zur Erkennung des Handlungsbedarfes dar, wie dies in ähnlicher Weise sich bei der Überwachung der Trinkwasser-Qualität durch Bestimmung des Vorkommens von E.coli, coliformen Keimen und der Koloniezahl in der Vergangenheit bewährt hat.

Die Verfasser sind daher der Überzeugung, daß eine routinemäßige, präventive Untersuchung des Hausinstallationssystems auf Legionellen einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung und zur Infektionsminderung leistet. Grundsätzlich gilt: Legionellen-Infektionen sind prinzipiell vollständig verhütbar, wenn die Vermehrung von Legionellen im technisch konditionierten, wasserführenden Umfeld des Menschen verhindert oder drastisch reduziert wird.

Literatur

1. Anonymus: Mortality Patterns - United States 1988. MMWR 40 (1991), 493 - 502
2. Anonymus: Hospitalisations for the Leading Causes of Death Among the Elderly - US 1987. MMWR 39 (1990), 777 - 785
3. Ferlinz, R.: Epidemiologie der Pneumonien in Europa. In: Aktuelle Aspekte der bakteriellen und nichtbakteriellen Pneumonien. Hrsg. H. Lode et al. Stuttgart, (1984), 12 - 22
4. Fang, G.D. et al.: New and Emerging Etiologies for Community - Acquired Pneumonia with Implications for Therapy. Medicine Baltimore 69 (1990), 307 - 316
5. Kemmerich, B. et al.: Ambulant erworbene Pneumonien. Dtsch. med. Wschr. 114 (1989), 1471 - 1477
6. Pachon, J. et al.: Severe community pneumonia. Etiology, prognosis and treatment. Am. Rev. Respir. Dis. 142 (1990), 369 - 373
7. Torres, A.: Severe Community - acquired Pneumonia. Am. Rev. Respir. Dis. 144 (1991), 312 - 318
8. Horbach, I., Fehrenbach, F.J.: Diagnostik der Legionellose in Organtransplantierten. BGA-Tätigkeitsbericht (1990), 73 - 74
9. Anonymus: Summary of Notifiable Diseases United States 1990. MMWR Oct. 1991 for 1990, (1990), 39
10. Yu, V.L.: Legionella pneumophila. In: Principles and Practice of Infectious Diseases. Hrsg. Mandell, G.L., 3. Auflg. New York (1990), 1764 - 1782
11. Anonymus: Epidemiology, prevention and control of legionellosis. Memorandum from a WHO meeting: Bull. Wld. Hlth. Org. 68 (1990), 155 - 164
12. Anonymus: Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung. Anlage zu Ziffer 4.4.6 und 6.7 der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen". Bundesgesundhbl. 31, (1988), 254 - 256
13. Anonymus: Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos. Bundesgesundhbl. 30 (1987), 252 - 253

14. Exner, M., Jung, K.-D., Haardt, B.: Nosokomiale Legionellen-Infektionen im Zusammenhang mit einer systemischen Legionellen-Kontamination des Hausinstallationssystems. Forum Städtehygiene 41 (1990), 289 - 296
15. Yu, V.L. et al.: Routine Culturing for Legionella in the Hospital Environment. May be a good Idea: A three Hospital Prospective Study. Am. J. Med. Sciences 294 (1987), 97 - 99
16. Exner, M.: Verhütung, Erkennung und Bekämpfung von Legionellen-Infektionen im Krankenhaus. Forum Städtehygiene 42 (1991), 178 - 191
17. Seidel, K.: persönl. Mitteilung, 1991
18. Exner, M., Tuschewitzki, G.-J., Kramer, M.: Technische und hygienische Präventivmaßnahmen gegen Infektionen mit Legionellen in Hygiene und Technik im Krankenhaus. Hrsg. W. Steuer. 2. aktualisierte und erw. Auflage - Ehningen bei Böblingen, (1991), 149 - 184
19. Pietsch, M., Werner, H.P.: Bewertung positiver Legionellen-Befunde in Leitungswasser. Hyg. + Med. 16 (1991), 353 - 356
20. Anonymus: Marburger Gespräch zur Krankenhaushygiene - Mikrobiologische Untersuchungen auf Legionellen in Wassersystemen und Bewertung von Legionellenbefunden. Hyg. + Med. 16 (1991), 374 - 375
21. Botzenhart, K., Thofern, E., Hünefeld, U.: Krankheitserreger im Wasser von Schwimmbädern - mit besonderer Berücksichtigung von Pseudomonas aeruginosa. Med. Wschr. 26 (1972), 364 - 367
22. Bartel, H., Grohmann, A., Seidel, K.: Bewertungen der Aufbereitung von Wärmesprudelbecken nach dem Stand der Technik. Arch. Badewes. 6, (1987), 277 - 288
23. Cunha, B.A.: Atypical pneumonia - Clinical diagnosis and empirical treatment. Postgrad. Med. 90 (1991), 89 - 101

Tab. 1: Altersstandardisierte Todesrate* für 1988 und prozentuale Veränderung der altersstandardisierten Todesrate bezogen auf die 15 führenden Todesursachen 1987 und 1988 sowie 1979 bis 1988 - USA [1]

prozentuale Veränderung				
Rang ⁺	Todesursache (ICD-9)	1988 altersstandardisierte Todesrate	1987 auf 1988	1979 auf 1988
1	Herzerkrankungen (390-398, 402, 404-429)	166,3	- 1,9	- 16,6
2	Maligne Neoplasien, einschl. Neoplasien des lymphat. u. haematopoetischen Systems (140-208)	132,7	- 0,2	1,5
3	Zerebrovaskuläre Erkrankungen (430-438)	29,7	- 2,0	- 28,6
4	Unfälle (E800-E949) und andere Verkehrsunfälle (E810-E825) alle anderen Unfälle (E800-E807, E826-E949)	35,0 19,7 15,3	1,2 1,0 0,7	- 18,4 - 15,1 - 21,9
5	Chron. obstruktive Lungen- erkrankungen u. Begleit- erkrankungen (490-496)	19,4	3,7	32,9
6	Pneumonie u. Influenza (480-487)	14,2	8,4	26,8
7	Diabetes mellitus (250)	10,1	3,1	3,1
8	Selbstmord (E950-E959)	11,4	- 2,6	- 2,6
9	Chron. Lebererkrankungen und Zirrhose (571)	9,0	- 1,1	- 25,0
10	Nephritis, nephrot. Syndrom, Nephrose (580-589)	4,8	0	11,6
11	Atherosklerose	3,4	- 5,6	- 40,4
12	Mord (E960-E978)	9,0	4,7	- 11,8
13	Septikämie (038)	4,6	2,2	100
14	Bestimmte Ursachen in Perinatalperiode (760-779)	-	- 2,8	- 30,9
15	HIV-Infektionen (042-044)	6,6	20,0	-
	Todesursache Alle Ursachen	535,5	0	- 7,2

* pro 100.000 Einwohner, altersstandardisiert bezogen auf Bevölkerung von 1940

+ bezogen auf Anzahl der Todesfälle

Tab. 2: Häufigkeit ambulant erworbener Pneumonien nach Angaben verschiedener Autoren in Abhängigkeit der Ätiologie (%)

Erreger	Autoren		
	Cunha [23]	Fang et al. [4]	Torres et al. [7]
<u>Bakterien</u>			
Streptococcus pneumoniae	35 - 70	15	15
Haemophilus influenza	6 - 15	11	
Legionella species	2 - 15	7	14
Chlamydia pneumoniae	≤ 10	6	-
S. aureus	1 - 10	3	-
gramnegative, aerobe Bakt.	-	6	-
Mycoplasma pneumoniae	1 - 10	2	6
<u>Viren</u>			
Influenza	2 - 8	-	-
Respiratory syncytial Virus		-	-
Adenovirus	< 2	-	-

Tab. 3: Gemeldete Legionellen-Erkrankungen in Abhängigkeit vom Alter in den USA 1990 [9]
n = 1.370

<u>Alter in Jahren</u>	<u>absolut</u>	<u>%</u>
< 1	7	0,5
1 - 4	3	0,2
5 - 9	4	0,3
10 - 14	7	0,5
15 - 19	10	0,7
20 - 24	14	1,0
25 - 29	50	3,6
30 - 39	165	12,0
40 - 49	209	15,2
50 - 59	207	15,1
≥ 60	667	48,7
ohne Angaben	27	2,0

Tab. 4a: Zuordnung von Hausinstallationssystemen* zu Kategorie I - III in Abhängigkeit von der Nutzungsart

Kategorie	Nutzungsart	Kriterium
I	<p>1. <i>Hochrisikobereich</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Transplantationseinheiten - Bereiche für Patienten mit erkrankungsbedingter oder medikamenteninduzierter schwerer Immunsuppression - Intensivpflegestation - Neugeborenenintensivstation <p>Gilt auch für Hausinstallationssysteme in häuslichen Bereichen, sofern dort Personen nach Transplantation oder mit schwerer Immunsuppression Wasser verwenden.</p> <p>2. <i>übrige Bereiche</i></p> <p>Krankenhaus, Altenheim, große Wohngebäudekomplexe einschl. Hotels mit zentraler Warmwasserversorgung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - alle Hausinstallationssysteme zur Versorgung von Hochrisikobereichen mit <i>Legionellen</i>-nachweis unabhängig von der Höhe der Legionellenkontamination - in diesen Bereichen muß Wasser legionellenfrei sein (d.h. nicht nachweisbar in 1 l) <ul style="list-style-type: none"> - <i>Höhe der systemischen Legionellenkontamination</i> unabhängig von Serovarietät: ≥ 10 Legionellen/ml als systemische Kontamination (≥ 10.000 Legionellen/l) - <i>Serovarietät</i>: bei Nachweis hochvirulenter Legionellenvarietäten wie z.B. <i>Legionella pneumophila</i>, Serogruppe 1, Subtyp Pontiac in Konzentrationen bis 10 Legionellen/100 ml (= 100 Legionellen/l)
II	<p>Hausinstallationssysteme von Krankenhäusern, Altenheimen großen Gebäudekomplexen mit zentraler Warmwasserversorgung wie Wohngebäuden, Hotels, Betrieben mit Kauen und Duschräumen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Höhe der systemischen Legionellenkontamination</i>: < 10 Legionellen/ml - 10 Legionellen/100 ml (= 10.000 Legionellen/l - 100 Legionellen/l) - <i>Serovarietät</i>: fehlender Nachweis hochvirulenter Legionellenserovarietäten
III	Siehe Kategorie II	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Höhe der systemischen Legionellenkontamination</i>: ≤ 10 Legionellen/100 ml (= 100 Legionellen/l)

* für die Zuordnungskriterien im Badebeckenwasser gelten die Kriterien der zukünftigen Badewasserverordnung

Tab. 4b: Empfehlung für die Bewertung und Sanierung legionellenkontaminierter Hausinstallationssysteme in Gebäuden

Kategorie	Bewertung der Dringlichkeit	Sanierungsmaßnahmen und Verfahrensschritte
I	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Sanierung unverzüglich*</i> erforderlich sofern endgültige Sanierung nicht sofort möglich, müssen unverzüglich <i>vorläufige Maßnahmen</i> zur Minderung der Legionellenkonzentrationen im Hausinstallationssystem ergriffen werden wenn diese weiter genutzt werden soll - Kontrolle der lokalen Kontamination - <i>Einschränkungen der Wasserverwendung</i> müssen unverzüglich veranlaßt werden - Infektionskontrolle von Legionellen - mit der endgültigen Sanierung muß nach spätestens 1/2 Jahr begonnen werden 	<p><i>Einschränkung der Wasserverwendung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbot der Verwendung des Wassers zum Betrieb und zur Reinigung med.-tech. Geräte und zur Atemwegsanfeuchtung sowie Raumluftanfeuchtung - Beschränken des Duschens das Vollbad ist vorzuziehen - Duschen im Strahl - im Hochrisikobereichen Filter an Wasserauslässe mit entsprechender Kontrolle - keine Waschung frischer OP-Wunden (87) <p><i>Vorläufige Sanierung z.B.:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reinigung und Entschlammn von Warmwasservorratsbehältern mit Atemschutz - thermische Sanierung der Hochchlorung mit nachfolgender Dauerchlorung in Abhängigkeit vom System - Absperren nicht genutzter Leitungsstränge - Anheben der Wassertemperatur im System auf Temperaturen > 60 °C (Verbrühungsschutz) - (sofern möglich) <p><i>Erfolgskontrolle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - bakteriologische Kontrolluntersuchung nach festgelegtem Schema der erzielten systemischen Legionellenreduktion auf ≤ 10 KBE Legionellen/100 ml - in wöchentlichem Intervall - bakteriologisches Untersuchungsintervall der Wasserqualität kann in Abhängigkeit vom Ergebnis verlängert werden <p><i>Infektionskontrollprogramm</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - alle respiratorischen Infekte bei Personen, die Wasser des Hausinstallationssystems verwenden, sollen hinsichtlich einer Legionelleninfektion differentialdiagnostisch abgeklärt werden (CAVE: Qualifikation des Laboratoriums bezüglich Legionellendiagnostik) - bei Verdacht einer Legionellose sofort Erythromycin einsetzen <p><i>Endgültige Sanierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - nach Begutachtung des Hausinstallationssystems durch Fachfirma Sanierung entsprechend einschlägigen Empfehlungen, Richtlinien und Verordnungen durchführen lassen - Ziel: Zuordnung des Systems zur Kategorie III

* unverzüglich bedeutet: Ohne schuldhafte Verzögerung, d.h. bis zur Durchführung vorläufiger oder endgültiger Maßnahmen sollte keine Zeit verstreichen, die nicht für die gründliche Planung derselben genutzt wird.

Fortsetzung Tab. 4b:

Kategorie	Bewertung der Dringlichkeit	Sanierungsmaßnahmen und Verfahrensschritte
II	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Sanierung</i> mittelfristig erforderlich - <i>Einschränkung</i> der Wasserverwendung - <i>vorläufige Maßnahme</i> erforderlich - <i>Bewertung und Kontrolle</i> ist nach 1/2 Jahr erneut durchzuführen 	<p><i>Einschränkung der Wasserverwendung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbot der Verwendung des Wassers zum Betrieb med.-tech. Geräte zur Atemwegs- anfeuchtung und Raumluftbefeuchtung <p><i>Vorläufige Maßnahmen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reinigung und Entschlärmen von Warmwasserspeichern** - Absperren nicht genutzter Leitungsstränge - Schaffung der technischen Voraussetzungen für akute Sanierungsmaßnahmen (Hochchlorung bzw. thermische Desinfektion und evtl. UV-Desinfektion) <p><i>Infektionskontrolle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - bei fieberhaften respiratorischen Infektionen Legionellose differentialdiagnostisch mitabklären <p><i>Weitere Maßnahmen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - abhängig von erneuter Bewertung und Kontrolle nach 1/2 Jahr
III	<ul style="list-style-type: none"> - Sanierungsmaßnahmen derzeit nicht erforderlich - Kontrolluntersuchung in 1 Jahr erneut durchführen, sowie nach baulichen Maßnahmen am Hausinstallationssystem mit Auswirkung auf Wachstum und Vermehrung von Legionellen 4 Wochen nach deren Durchführung - ergibt Kontrolluntersuchung Hinweise für erhöhte Legionellenkontamination und ergibt die anschließende Neubewertung Zuordnung zu Kategorie I oder II, so ist entsprechend Regelungen zu diesen Kategorien zu verfahren 	

** Boiler, Verteiler- und Sammelbehälter

Tab. 5: Bewertung positiver Legionellen-Befunde in Leitungswasser in Abhängigkeit von der Keimkonzentration (aus PIETSCH u. WERNER [19])

Legionellen-Gehalt (KBE/ml)	Bewertung		Kontrollen	Maßnahmen
jeglicher Keim-nachweis	hohe Gefährdung	bei direkter oder indirekter Einbringung in die Lunge, z.B. Inhalation, Absaugung	—	sofortiger Ersatz des Leitungswassers durch steriles Wasser
$< 10^1$	kein Risiko	bei Verwendung als Trinkwasser oder Duschwasser	viertel-jährlich	—
$10^1 - 10^2$	kein Risiko	bei Verwendung als Trinkwasser oder Duschwasser	viertel-jährlich	bei gleichbleibender Konzentration Überprüfung des Leitungsnetzes, evtl. Empfehlung von Sanierungsmaßnahmen
$10^2 - 10^3$	kein Risiko evtl. Gefährdung	bei Verwendung als Trinkwasser bei Verwendung als Duschwasser	kurzfristig	bei gleichbleibender Konzentration als Duschwasser nicht geeignet, Überprüfung des Leitungsnetzes, um Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen
$> 10^3$	evtl. Risiko Gefährdung	bei Verwendung als Trinkwasser (z.B. Aspiration) bei Verwendung als Duschwasser	sofort	bei Befundbestätigung Schließung des Leitungsnetzes, Durchführung von Sanierungsmaßnahmen

Tab. 6: Empfehlungen zur Bewertung und Sanierung bei Legionellennachweis im gesamten Wassersystem (systemische Besiedlung) [20]

<p>Nachweis von Legionellen in Konzentrationen > 10 KBE/ml</p> <p>Folgende Maßnahmen werden für notwendig gehalten:</p> <p>1. Sofortmaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausschluß der Verwendung des Wassers zum Betrieb und zur Reinigung von medizinisch-technischen Geräten, sowie zur Luftbefeuchtung - Reduzierung der Aerosolbildung durch technische Einrichtungen - hygienische und technische Begutachtung des wasserführenden Systems <p>2. Kurzfristige Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen zur Reduktion der Legionellen-Konzentration - Reinigung und Entschlärmen - thermische oder chemische Sanierung, z.B. Hochchlorung des wasserführenden Systems (siehe auch BGA-Empfehlung) <p>3. Mittelfristige Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmen zur Erhaltung des Reduktionserfolges sind mit dem Krankenhaushygieniker festzulegen (siehe auch BGA-Empfehlung oder Empfehlungen des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches DVGW) - zusätzlich sind kurzzeitige Kontrollen der Wasserqualität vorzunehmen, auch im Sinne einer Erfolgskontrolle - epidemiologische Analyse bei Patienten mit fieberhaft respiratorischen Infektionen 	<p>Nachweis von Legionellen in Konzentrationen zwischen < 10 KBE/l und 10 KBE/100 ml</p> <p>1. Notwendige Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausschluß der Verwendung des Wassers zum Betrieb der Reinigung medizinisch-technischer Geräte und zur Luftbefeuchtung - Mikrobiologische Detailkontrolle an Endsträngen in Risikobereichen - Begutachtung des wasserführenden Systems - hiernach Entscheidung über Art einer möglichen Sanierung, z.B. chemische thermische Sanierung (Netzreinigung usw.) <p>2. Mittelfristige Maßnahmen entsprechend BGA-Empfehlung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontrolle der Wasserqualität <p>Nachweis von Legionellen in Konzentrationen < 10 KBE/100 ml</p> <p>1. Notwendige Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - in Risikobereichen (Transplantations- und Intensivbehandlungseinheiten, Stationen mit Krankheits- o. therapiebedingten, immungeschwächten Patienten) dürfen keine Legionellen im wasserführenden System nachweisbar sein - Kontrollen des wasserführenden Systems, um einen Anstieg der Legionellenkonzentration erkennen zu können, durch jährlich zu wiederholende Wasseruntersuchung
---	---

Tab. 7: Nachweis von Legionellen im Hausinstallationssystem in Abhängigkeit von Kontaminationsart und Gebäudetyp

Gebäudetyp		Kontaminationsart					
		systemisch		lokal		unter Nachweisgrenze*	
n		n	%	n	%	n	%
Kliniken und Krankenhäuser	73	46	63	11	15	16	22
Altenpflege- und Behindertenheime	77	28	36	9	18	40	52
Betriebsgebäude mit Kauen	11	8	73	3	27	0	0
Hallen- und Freibäder	31	20	65	4	13	7	22
Lehrschwimmbäder	15	8	54	2	13	5	33
Turnhallen in Schulen	9	0	0	2	22	7	78
Verwaltungsgebäude	20	7	35	2	10	11	55
Hotels und Sanatorien	4	2	-	2	-	0	-
Mehrfamilienhäuser	3	2	-	1	-	0	-
Clubhäuser	2	0	-	0	-	2	-
Einfamilienhäuser	6	0	-	0	-	6	-
Gesamt	251	121	48	36	14	94	37

n = Anzahl

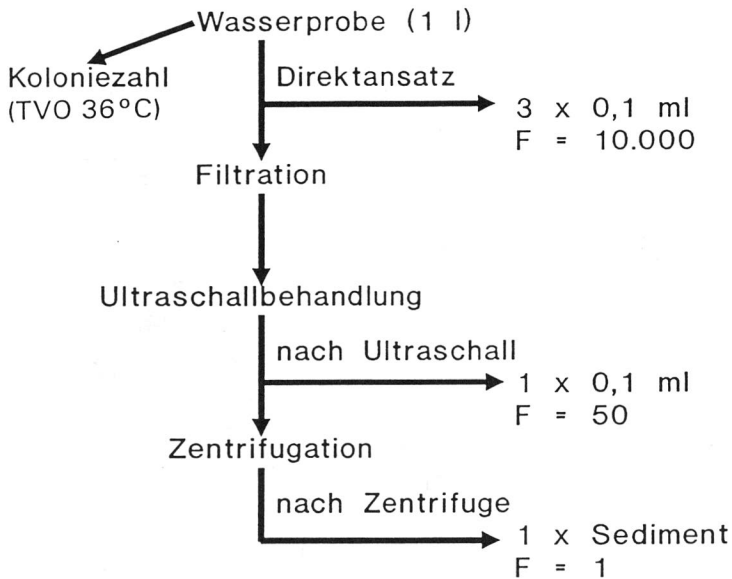
* nicht nachweisbar in 1 l

Tab. 8: Legionellenvorkommen in systemisch kontaminierten Hausinstallations-systemen in Abhängigkeit von Konzentrationsbereich und Gebäudetyp

Gebäudetyp		Konzentrationsbereich KBE/l					
	n	> 10.000/l		100 - 10.000/l		< 100/l	
		absolut	%	absolut	%	absolut	%
Kliniken und Krankenhäuser	46	23	50	17	37	6	13
Altenpflege- und Behinderten-heime	28	17	61	8	29	3	11
Betriebsgebäude mit Kauen	8	6	75	2	25	0	-
Hallen- und Freibäder	20	14	70	6	30	0	-
Lehrschwimm-bäder	8	3	38	5	62	0	-
Verwaltungs-gebäude	7	4	57	3	43	0	-
Sonstige Objekttypen	4	1	-	2	-	1	-
Gesamt	121	68	56	43	36	10	8

Tab. 9: Serogruppen von *Legionella pneumophila*-Isolaten aus Warmwasser-versorgungssystemen von verschiedenen Gebäuden

Gebäudetypen	Legionella pneumophila - Serogruppen													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Krankenhäuser	19		5	12	3	17		7		4		4		
Wohnheime	13		6	1	1	7		4		2		1		
Verwaltungsgebäude	2		1		1	2				1				
Betriebsgebäude mit Kauen	7	3	2	3	2	3								
Sportgebäude	1			1		1				1				
Mehrfamilienhäuser	1			1						2				
gesamt	43	3	14	18	7	30	0	11	0	10	0	5	0	0



Medium: MWY (Oxoid)

Temperatur: 37°C

Inkubationszeit: 10 Tage

Zählung und Abimpfung verdächtiger Kolonien

Prüfung auf Cysteinabhängigkeit

serologischer Bestätigungstest

Serotypisierung

F = Multiplikationsfaktor für die Umrechnung der
Legionellenkonzentration in 1 l

Abb.1: Methodik der Legionellenuntersuchung

$N(=72)$ [illegible]

Abb.2: Nachweis Häufigkeit und Konzentrationen von Legionellen in Badewasser innerhalb der unterschiedlichen Stufen des Badewasserkreislaufes

Zum Vorkommen von Legionellen in Trinkwasserversorgungsanlagen von Ein- und Zweifamilienhäusern

F. Tiefenbrunner

1. Einleitung

Mit Trinkwasser verbindet man in unseren Breiten automatisch einen Qualitätsbegriff für kühles, klares, appetitliches, hygienisch einwandfreies Wasser, das mit ausreichendem Druck und in ausreichender Menge an allen Zapfstellen der Hausinstallation entnommen werden kann. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, sich wiederum in Erinnerung zu rufen, daß Trinkwasserversorgungssysteme vom Ort der Gewinnung bis zur Zapfstelle innerhalb des Wohnbereiches absolute "Einbahnsysteme" darstellen, d.h. jene Menge die am Zapfhahn entnommen wird, wird aus dem zentralen Versorgungssystem nachgeliefert. Die vermehrte Anzahl parallel zu benutzender Zapfstellen mit der damit verbundenen geringeren Entnahmemenge pro Zapfstelle führt zu längeren Verweilzeiten und birgt vor allem in den Kaltwasserleitungen die Gefahr einer dramatischen Erwärmung in sich. Sofern im Warmwassersystem keine bis unmittelbar in den Zapfstellenbereich führenden kontinuierlich betriebenen Zirkulationssysteme vorhanden sind, ist hier mit einer ebenso deutlichen Abkühlung innerhalb der stagnierenden Wassersäule zu rechnen.

Da die Verantwortlichkeit des Wasserversorgungsunternehmens beim Wassermengenmesser bei uns am Beginn der Hausinstallation endet, beziehen sich praktisch alle in diesem Bereich durchgeführten Qualitätskontrollen auf Kaltwasserproben. Mit wenigen Ausnahmen bei Geruchs- und Korrosionsproblemen wurden kaum systematische Untersuchungen innerhalb von Gebäudeinstallationen durchgeführt. Mit dem epidemischen Auftreten der "Legionärskrankheit" wurde das Informationsdefizit über die Vorgänge in den Trinkwasserinstallationen von verschiedensten Gebäuden offenkundig und derzeit sind weltweit Forschergruppen bemüht, das Verhalten verschiedenster, vor allem pathogener Organismen, wie z.B. Legionellen innerhalb von Gebäudekomplexen darzustellen und Gesetzmäßigkeiten des Eintrages sowie der möglichen Vermehrung aufzuzeigen.

Mit der "Legionärskrankheit" war aber auch für den Hygieniker eine völlig neue Variante der Gefährdung durch Trinkwasser - ein im wahrsten Sinne des Wortes "hausgemachtes" Problem - erwachsen. Während der epidemiologische Teil der Trinkwasserhygiene sich bis zu diesem Zeitpunkt ausschließlich auf die Ausschaltung von

Abwassereinflüssen bei der Trinkwassergewinnung, -bevorratung, -verteilung beschränkte, und die in Frage kommenden Mikroorganismen beinahe ausschließlich Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes hervorriefen, war mit dem Erreger der "Legionärskrankheit" ein praktisch überall in geringer Anzahl vorhandenes Bakterium involviert, das ausschließlich über Aerosole oder aspirierte Flüssigkeit zur Erkrankung führt. Im Gegensatz zu den aus Abwassereinflüssen stammenden Mikroorganismen haben Legionellen unter bestimmten Voraussetzungen die Eigenschaft, sich im Trinkwasserleitungssystem von Gebäuden so massenhaft zu vermehren, daß sie bei Aerosolbildung an den Zapfstellen besonders bei bestimmten Risiko-Personengruppen zu tödlich verlaufenden Pneumonien führen können.

Fakten, die einen eindeutigen Richt- oder Grenzwert für die Konzentration an Legionellen in Trinkwasser belegen könnten, sind bisher nicht aufgezeigt worden.

Literaturrecherchen zur Legionellenkontamination von Leitungssystemen hatten ergeben, daß für große Gebäude (Krankenhäuser, Hotels, Bürogebäude) bereits relativ viel Wissen vorlag, daß aber im Gegensatz dazu im europäischen Raum überhaupt keine Angaben über das Vorkommen von Legionellen in Ein- und Zweifamilienhäusern gefunden werden konnte.

Sowohl die im Juli 1987 vom Bundesgesundheitsamt in Berlin publizierten "Empfehlungen zur Verminderung eines Legionelleninfektionsrisikos" [1] als auch die Stellungnahme des DVGW Hauptausschusses "Wasserverwendung" vom Februar 1988 [2] beziehen sich insbesondere auf Trinkwassererwärmungsanlagen in Großgebäuden, schließen jedoch, wie der letzte Satz der Erläuterung der DVGW-Stellungnahme eindeutig zeigt, alle Gebäude beim Bau und Betrieb der Warmwasserinstallationen ein. Die vom BGA-Pressedienst am 14.08.1990 verbreitete Mitteilung im Zusammenhang mit zwei tödlich verlaufenen Legionellosen in Ischia bezieht sich ausschließlich nur mehr auf Großwasseranlagen. Spezielle Hinweise, die ebenfalls in den Bereich Vorsorge zu zählen sind, finden sich sowohl in der DIN 1988 als auch in den KTW-Empfehlungen bzw. im DVGW Arbeitsblatt W 270.

Aufgrund von eigenen, stichprobenartigen Untersuchungen in Klein- und Großgebäuden (Einfamilienhäusern, Schulen, Krankenhäusern, Hotels) wurde darauf hingewiesen, daß die vor allem in der angelsächsischen Literatur ausgewiesenen Forschungs- und Untersuchungsergebnisse von größeren Gebäuden nicht oder nicht unmittelbar auf Ein- und Zweifamilienhäuser übertragen werden können. Zur Abklärung dieses offenkundigen akuten Problems konnte ein interdisziplinärer Arbeitskreis gebildet werden, in den neben der mikrobiologischen Arbeitsmethodik detailliertes technisches Wissen auf breiter Basis von Fachfirmen eingebracht wurde.

Ziel der Forschungsarbeit war eine zunächst ganzheitliche Betrachtung von Trinkwasserinstallationen in Ein- und Zweifamilienhäusern zur Erarbeitung jener Fakten, welche die Einschätzung des Gefährdungspotentials dieser Anlagen gegenüber den Bewohnern ermöglichen (Abschnitt A).

Als zweiter Schritt wurde eine Systemanalyse mit einer Darstellung bzw. Gewichtung der Rolle einzelner Komponenten des gesamten Installationssystems im Ein- und Zweifamilienhaus geplant und durchgeführt (Abschnitt B).

2. Methodik

2.1 Untersuchungsabschnitt A

Untersuchungsorte

Aus Kundenlisten verschiedener vom Arbeitskreis benannter Fachfirmen mit ca. 2000 Adressen wurden stichprobenartig Objekte in der Bundesrepublik (30, West-Berlin 8), den Niederlanden (15) und in Österreich (10) bestimmt.

2.1.1 Umfang und Durchführung der Untersuchungen

Die bei diesen Feldstudien an Ort und Stelle durchgeführten Untersuchungen bzw. Probenahmen und Messungen wurden prinzipiell durch ein Zweierteam, bestehend aus Mikrobiologen und Technikern, durchgeführt. Anhand von im Arbeitskreis vorbereiteten Anlagenerfassungsbögen wurden sowohl die Anlagenkennzahlen als auch die Benutzungsgewohnheiten der Anlagenbetreiber an Ort und Stelle durch insgesamt 37 Einzelparameter, wie z.B. Art der Wassererwärmer, Art und Volumen der angetroffenen Speicherwassererwärmer, Speichertemperaturen, Material und Länge der Leitungssysteme, Art der Armaturen, Anzahl der Zapfstellen, Herkunft des Trinkwassers, Lage des Hauses zum Wasserwerk, Anzahl der Personen im Haus, Betrieb von Warmwasserzirkulationssystemen, Wasserverbrauch usw., festgehalten. Parallel bzw. unmittelbar im Anschluß an die Probenahmen wurden an den ausgewiesenen Probenstellen die Temperatur, der pH-Wert, die Leitfähigkeit, die Redoxspannung sowie der Chlorgehalt (frei und gesamt) gemessen. Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden von jeder Probenstelle, ohne vorher abzuflammen bzw. Luftbeimischungseinrichtungen zu entfernen, nacheinander drei 1-Liter-Probenflaschen befüllt.

Die zuerst und zuletzt gezogene Probe wurde unmittelbar nach der Entnahme im Laborfahrzeug weiterverarbeitet. Die dritte Probenflasche wurde als sogenannte Sicherheitsprobe bei 8 - 10°C in Kühlschränken des Laborfahrzeuges gelagert und nach Rückkehr ins Labor des Hygieneinstitutes in gleicher Weise behandelt. Die zur Anzucht und zur Identifizierung von Legionellen verwendete Methodik entspricht im Wesentlichen [3]. Die Filtration erfolgte über Nucleoporefilter, je 300 ml, die Filter wurden danach in 0,5 ml Originalprobenvorlage eingelegt und mit 0,5 ml Säurepuffer auf 1 ml ergänzt. Nach 15 sec. Ultraschallbehandlung und mehrfachem Schütteln (Vortex) wurde aus diesem Ansatz nach 5 Minuten Einwirkzeit 0,3 ml Probe auf eine BCYE Platte ausgespatelt. Für die Entnahme der chemischen Proben wurden 1-Liter-Polyethylenflaschen, für die "Allgemeinen Parameter" der wasserchemischen Untersuchungen und getrennt davon Flaschen mit Säurevorlage für die Bestimmung der "Speziellen Parameter" verwendet. Die Probenflaschen wurden unmittelbar nach der Entnahme dicht verschlossen, unter Kaltwasser vorgekühlt und im Laborfahrzeug tiefgefroren. Die Verarbeitung nach den Deutschen Einheitsverfahren erfolgte für alle

tiefgefrorenen chemischen Proben gleichzeitig am Ende des ersten Untersuchungsabschnittes.

"Allgemeine" Parameter:

pH-Wert, Leitfähigkeit, Kaliumpermanganat-Verbrauch, Gesamthärte, Karbonathärte, Nicht-Karbonathärte, Gesamtalkalinität gegen Methylorange, Kalzium, Magnesium, Ammonium, Nitrit, Nitrat, Chlorid, Sulfat.

"Spezielle" Parameter:

Aus den angesäuerten Proben wurden folgende Elemente bestimmt:

Aluminium, Blei, Cadmium, Kalzium, Chrom, Eisen, Kalium, Kupfer, Magnesium, Mangan, Natrium, Nickel, Zink.

2.1.2 Probeentnahmestellen (Untersuchungsabschnitt A)

Kaltwasserzapfstelle an einem möglichst weit vom Hausanschluß entfernten Waschtisch.

Warmwasserzapfstelle an der gleichen Waschtischarmatur.

Mischwasserentnahme aus dem Brausekopf der Wannen- bzw. Brausearmatur.

Probenstelle möglichst nahe hinter dem Wasserzähler.

2.2 Untersuchungsabschnitt B

Im Untersuchungsabschnitt B erfolgte bei den im Untersuchungsabschnitt A ermittelten Legionella-positiven Anlagen eine intensive Nachuntersuchung. Dazu wurden in 7 Einfamilienhäusern ca. 1 Woche vor Probeentnahme zusätzliche Entnahmeventile montiert. Für die Entnahmestellen im Bereich des Heizraumes wurden Flamco-T-Ventile verwendet. Für die Probenahmestellen in den Kalt- und Warmwasserleitungen unmittelbar vor den Armaturen wurden von Mitgliedern des Arbeitskreises die normale Nutzung nicht beeinträchtigende Entnahmeventile konstruiert und eingebaut. In diese Ventile wurden nach Abnahme der Verschlusskappen sterilisierte Entnahmeschläuche eingeschraubt.

Die Abb. 1 zeigt schematisch die Entnahmepunkte der mikrobiologischen Proben innerhalb der untersuchten Gebäude. Die Probe vom Boden des Speichers wurde aus dem Ablaufventil des Speichers gezogen.

Die Probennummer 15 (Handbrause und Brauseschlauch) wurde durch Entleerung des Systems Brause + Schlauch gewonnen, wobei diese Maßnahme so lange wiederholt wurde, bis ein Probenvolumen von 300 ml erreicht war. Für die Probe 14 (Brauseschlauch) wurden die Schläuche vorsichtig demontiert und vollständig gefüllt, 60 Sekunden lang in ein Ultraschallbad (SONOREX, 35 kHz) eingehängt. Diese Prozedur wurde solange wiederholt, bis ein Probenvolumen von 150 ml erreicht war.

3. Ergebnisse

3.1 Untersuchungsabschnitt A

3.1.1 Auswertung der Anlagenerfassungsbögen

3.1.1.1 Wassererwärmer

Durchlaufwassererwärmer	13 (21 %)
Speicherwassererwärmer	50 (79 %)
Speichervolumina	80 - 550 l
Speichervolumina pro Person (Durchschnitt 4,2 Personen/Haus)	16,7 - 250 l
Warmwassertemperaturen am Speicherwassererwärmer	42 - 70 °C
Errechnete mittlere Speicher- wasseraustrittstemperatur	57 °C

Die Abb. 2 zeigt die Verteilung der Speicherwassertemperaturen der Anlagen mit zentralem Warmwasserspeicher, bestimmt jeweils am Speicheraustritt.

3.1.1.2 Leitungen und Zirkulationssysteme

Kupfer	50 (79 %)
Verzinkter Stahl	10 (16 %)
Kunststoff (PE-X)	3 (5 %)
Leitungslängen Kaltwasser gemittelt:	11,7 m
Leitungslängen Warmwasser gemittelt:	8,4 m
Von den Anlagen mit Speicherwassererwärmern:	
Anlagen ohne Zirkulationsleitung	24 (48 %)
Anlagen mit Zirkulationsleitung	26 (52 %)
davon Anlagen mit Pumpe	12 (46 %)

Die Abb. 3 und 4 zeigen eine schematische Aufgliederung der erhobenen Leitungslängen vom Trinkwasserspeicher bis zum zentralen Badezimmer. Bei jenen Anlagen ohne Angaben (z.B. Anlagen 25 und 24) waren die Leitungslängen aufgrund der unübersichtlichen Bauweise nicht mit Sicherheit eruierbar.

3.1.1.3 Armaturen

Mittlere Anzahl von Zapfstellen pro Haus	12
Jährliche Zapfmenge pro Zapfstelle	ca. 17 m ³

3.1.1.3.1 Waschtischarmaturen

Anlagen mit Einhandmischer	35 (55,6 %)
Anlagen mit klassischer Einlocharmatur	27 (43 %)
Anlagen mit Thermostat	1 (1,4 %)

3.1.1.3.2 Brause- und Badewannenarmaturen

Anlagen mit Einhandmischer	22 (35 %)
Anlagen mit klassischer Einlocharmatur	15 (24 %)
Anlagen mit THS und THS UP	26 (41 %)
Anlagen mit Schlauchbrause	60 (92,2 %)
Anlagen mit Kunststoffbrauseschlauch	44 (70 %)
Anlagen mit Metallwendelschlauch	19 (30 %)
Anlagen mit Kopfbrause	3 (7,8 %)

3.1.2 Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse

Von den 63 im Untersuchungsabschnitt A untersuchten Ein- und Zweifamilienhäusern waren insgesamt 8 Anlagen mit einem positiven Legionella-Befund. Bei 3 weiteren untersuchten Anlagen waren vereinzelt auf den bebrüteten Membranfiltern Legionella-verdächtige Kolonien sichtbar, die auch zum Teil im Grampräparat eine für Legionella typische Morphologie zeigten, sich aber nicht mehr weiter vermehren ließen. Aus diesem Grunde sind diese 3 Anlagen mit vereinzelt Legionella-verdächtigen Kolonien pro 100 ml Probenvolumen nicht als positiv ausgewiesen worden. In Tabelle 1 wurde die Häufigkeit des Nachweises der isolierten Bakterien bzw. Bakteriengruppen nach dem Entnahmeort Kaltwasser, Warmwasser und Mischwasser am Brausekopf geordnet aufgelistet. Die angeführten Zahlen berücksichtigen einerseits die Mittelwertbildung aus den parallel angelegten, gleichartigen Nährmedien, summieren aber innerhalb derselben Probenstelle auf verschiedenen Nährmedien gefundene gleichartige Keime auf (siehe Sporenbildner). Die Unterschiede in der Nachweishäufigkeit zwischen den einzelnen Probenstellen desselben Hauses sind zwar optisch vorhanden, jedoch statistisch schlecht absicherbar.

Im Untersuchungsabschnitt A lagen die auf den Legionella-Agar-Platten gezüchteten Legionellen im Bereich von 3 - 500 KBE/100 ml Probenvolumen.

Auffallend war auch, daß innerhalb der 63 untersuchten Ein- und Zweifamilienhäuser insgesamt fünfmal am Gebäudeeintritt (Kaltwasser) Legionellen in einer Anzahl von 50 - 90 KBE/100 ml festgestellt wurden. In diesem Zusammenhang sollte darauf verwiesen werden, daß für diese Untersuchungen keine eigenen Probenahmeventile montiert wurden, sondern in den meisten Fällen Entlüftungshähnnchen an der Druckminderapparaturs bzw. im Bereich von Schutzfiltern zur Probenahme verwendet wurden. Diese Proben-Hähnnchen waren zumeist sehr lange nicht benützt worden und erbrachten nach dem Öffnen kurzzeitig gefärbtes bzw. getrübbtes Wasser.

Die mit FITC-markierten anti-Legionella pneumophila-Immunglobulin durchgeführte Serogruppenbestimmung erbrachte bei allen Legionella Kulturen eine Zuordnung zu Serotyp 1 (Philadelphia), dem weltweit am häufigsten nachgewiesenen Serotyp von Legionella pneumophila.

3.1.3 Chemische Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der im Untersuchungsabschnitt A gezogenen Proben sowohl der "allgemeinen" als auch der "speziellen" Parameter (siehe Punkt 2.1.2) wiesen naturgemäß aufgrund der Verteilung der Probenorte sehr starke Unterschiede auf. Anhand von Korrelationsanalysen wurde versucht, für die einzelnen Parameter Abhängigkeiten zum Nachweis von Legionellen sowohl hinsichtlich des Probenortes als auch hinsichtlich der Einteilung in Kalt-, Warm- und Mischwasser zu erhalten. Es wurden Zusammenhänge zwischen einzelnen Kategorien bzw. Probenorten gefunden, gesicherte Abhängigkeiten zwischen chemischen Parametern und dem Vorkommen von Legionellen konnten jedoch überhaupt nicht festgestellt werden. So erbrachte z.B. der Versuch, Abhängigkeiten zwischen der Konzentration an Kupfer, Eisen und Zink und dem Nachweis von Legionella pneumophila darzustellen Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen 0,049 und 0,11, d.h. es waren absolut keine statistisch erfaßbaren Abhängigkeiten zwischen den Schwermetallgehalten und dem Vorkommen von Legionella pneumophila berechenbar.

3.2 Untersuchungsabschnitt B

3.2.1 Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse

Die Nachuntersuchung der Legionella-positiven Einfamilienhäuser beschränkte sich auf insgesamt 7 Objekte, da ein Haus durch Besitzerwechsel nicht mehr zugänglich war. Von Proben aus diesen 7 Anlagen konnten nur mehr in den bakteriologischen Proben aus 5 Anlagen Legionellen nachgewiesen werden. Die Zapfstellen des Waschtisches bzw. die Brausen waren einige Stunden vorher bereits durch die Bewohner in normalem Umfang benützt worden. Besonders auffallend war bei der Darstellung der bakteriologischen Untersuchungsergebnisse, wie sie in der Tab. 2 für die Legionella-Befunde aufgelistet sind, daß zwei der vorher positiven Anlagen an keiner der 15 Probenstellen mehr einen Nachweis von vermehrungsfähigen Legionella-Spezies erbrachten. Mit einer Ausnahme, einem Einfamilienhaus in Berlin, lagen alle anderen auf den Legionella-Agar-Platten gewachsenen Legionella-Kolonien deutlich unterhalb der derzeit von Einigen diskutierten Gefährdungsschwelle von 100 KBE/100 ml Probe. Bei der Betrachtung der Rolle der einzelnen Anlagenkomponenten fällt auf, daß in den 7 untersuchten Anlagen am Speicheraustritt lediglich dreimal Legionellen nachgewiesen werden konnten, davon nur einmal in Form einer starken Kontamination (> 100 KBE/100 ml).

Versucht man hinsichtlich des Alters dieser Speicher trotz der geringen Anzahl Mittelwerte zu bilden, so zeigt sich, daß die positiv gefundenen Speicher jünger, im Schnitt 6 Jahre alt waren; im Gegensatz zu Speicherwassererwärmern ohne Legionella-Befunde mit einem Durchschnittsalter von 10 Jahren. Betrachtet man die Materialien der Speicherwassererwärmer, so waren von den 5 verbliebenen positiven Anlagen 3 mit Emailspeichern und 2 mit Edelstahlspeichern ausgerüstet. Die kontaminierte Anlage in Berlin besaß einen Emailspeicher. Die Warmwassertemperaturen am Speicheraustritt

bei den 3 positiven Speicherwassererwärmern betrugen 50, 51 und 55 °C. Die positiven Speicher unterschieden sich untereinander sehr deutlich im Volumen mit 120, 300 und 550 l Inhalt. Beim Vergleich der durchschnittlichen Speichervolumina pro Person zeigt sich jedoch im Mittel mit 50 l/Person ein geringeres Speichervolumen pro Person, als die negativen Speicheranlagen mit 68 l/Person.

Zur Darstellung der Rolle des Leitungssystems muß zunächst der Vergleich zwischen den Probenstellen 1 und 6 bzw. 1 und 8 im Kaltwasserbereich durchgeführt werden. Hier zeigt sich, daß in den Kaltwasserzuleitungen zu den Armaturen und an den Armaturen selbst insgesamt zweimal Legionellen nachgewiesen werden konnten. Von den Legionella-positiven Anlagen waren nur 2 mit Zirkulationspumpen ausgestattet, wobei die Laufzeit sehr gering war; in Anlage 27 z.B. lief die Zirkulationspumpe täglich nur von 6.00 bis 6.30 h. Es ist wichtig darauf hinzuweisen, daß keine Anlage mit Zirkulationsleitung und Zirkulationspumpe, bei der die Pumpe im Dauerbetrieb lief, kontaminiert war. Dies gilt auch für Anlagen, bei denen durch eine Zeitschaltuhr die Zirkulationspumpe über einen längeren Zeitraum oder über mehrere längere Perioden betrieben wurde.

Auffällig ist bei diesen Untersuchungen in Ein- und Zweifamilienhäusern, daß nur zweimal Legionellen aus den Brauseköpfen isoliert werden konnten. Der Nachweis von den mit Ultraschall aus dem Brauseschlauch ausgelösten Belägen war bei den 7 nachuntersuchten Anlagen negativ. Das gleiche negative Ergebnis wurde bei einer zusätzlich zur Erhöhung der Fallzahlen durchgeführten Untersuchung an 10 weiteren Anlagen gefunden. Nachdem in allen diesen Belägen Sporenbildner massiv vorhanden waren (KBE > 500/100 ml), die weder durch den Säurepuffer (pH 2,2) noch durch die Temperatureinwirkung (50 °C/30 min) wesentlich vermindert werden konnten, war hier sicherlich ein methodischer Fehler ("Schlupf") vorhanden, wodurch vereinzelte koloniebildende Einheiten von Legionella nicht mehr erfaßt werden konnten.

Vergleicht man die quantitativen Legionella-Befunde in der hochkontaminierten Anlage (Tab. 2, Anlage 5), so wird hier bereits am abgeflammtten und mit sterilem Entnahmeschlauch versehenen Probeventil am Speichereintritt eine aus der fließenden Welle erfaßbare zweistellige Koloniezahl von Legionellen sichtbar. Am Zapfventil des Speicheraustritts wurden bei der ersten Zapfung über 500 KBE/100 ml gefunden. Nach Rückgang der Temperatur auf knapp unter 40 °C wurden noch rund 140 KBE/100 ml nachgewiesen. In den Entnahmeventilen vor der Waschtischarmatur war hier aus dem Kaltwasserbereich kein Nachweis möglich. Aus dem der Armatur vorgeschalteten Entnahmeventil der Warmwasserleitung war jedoch die höchste Zahl mit über 1000/100 ml feststellbar. Besonders auffallend ist hier das Fehlen dieser Bakterien in der nachgeschalteten Armatur. In der Kaltwasserprobe des Einhandmischers wurden Sporenbildner mit KBE-Zahlen über 1000/100 ml nachgewiesen, bei der aus dem Einhandmischer gewonnenen Warmwasserprobe lediglich 89 KBE/100 ml. Jene Warmwasserprobe, die bei der Untersuchung der 40 °C-Wassertemperatur durch die maximale Zapfmenge aus der Waschtischarmatur gezogen wurde, zeigt noch mehr als 500 KBE/100 ml Legionella pneumophila. Ähnliche Werte wurden auch in der aus dem Speicherboden gezogenen Probe gefunden.

4. Diskussion

Die von SEIDEL und MITARBEITERN 1986 [3] publizierten Ergebnisse von mehr als 1400 untersuchten Trinkwasserproben verschiedenster Herkunft erbrachten insgesamt 39,4 % Legionella-positive Proben. DUTKA und MITARBEITER hatten in verschiedenen Städten Canadas (Ontario) das Vorkommen von Legionellen in Wohnungen bzw. Wohnanlagen untersucht [4]. Sie fanden in der Hälfte der von ihnen überprüften Wohngebäuden Legionellen. LEE und MITARBEITER zeigten in einer 1988 erschienenen Arbeit Untersuchungen aus dem Bereich Pittsburgh, wobei in den insgesamt 55 untersuchten Haushalten 6 Anlagen mit positivem Nachweis von Legionella pneumophila aufgezählt werden [5]. MATHYS und JUNGE (1990) fanden im Gegensatz dazu in den von ihnen untersuchten Einfamilienhäusern im Umfeld von Münster keine Kontamination mit Legionellen [6]. WEIST und MITARBEITER, die zwischen 1988 und 1989 Warmwasserproben aus Privathaushalten von Mitarbeitern des Hygiene Instituts der FU Berlin untersuchten, fanden in diesen mehrstöckigen Gebäuden, in den am Morgen ablaufenden ersten 100 ml Probenvolumina vergleichsweise sehr hohe Legionella-Konzentrationen bis zu einem Maximum von 17000 KBE/100 ml, wobei nach fünfminütigem Vorlauf immer noch maximal 9000 KBE/100 ml isoliert werden konnten. Die dargestellten Untersuchungen zeigten bei Haushalten (Einheiten von großen Wohngebäuden) mit zentraler Warmwasseraufbereitung zwischen 35 und 55 % Legionella-positive Proben [7].

Bei 18 - 24 % der in diesem Zusammenhang verglichenen Haushalte mit dezentralen Durchlauferhitzern war Legionella pneumophila nachweisbar. WEIST und MITARBEITER kommen aufgrund dieser Berliner Untersuchungen zu dem Schluß, daß "Warmwasserspeichertemperaturen von über 60 °C zur Behebung des Legionella-Kontaminationsrisikos allgemein" zu fordern sind. Es fehlt hier jedoch die deutliche Abgrenzung zwischen Wohngebäude und Ein- bzw. Zweifamilienhaus. Gerade auch im Hinblick auf die Verhältnisse in den USA und in Canada muß die ganzheitliche Betrachtung des Trinkwasserinstallationssystems in den Vordergrund treten [8]. An diesen Beispielen wird verdeutlicht, daß eine einseitige Maßnahme wie die Speicherhaltetemperatur von über 60 °C nicht zum Ziele führt. In der überwiegenden Anzahl der Haushalte in den USA und Canada werden die zentralen Speicher auf 60 - 70 °C erhitzt, da sowohl Waschmaschinen als auch Geschirrspüler keine eigenen Heizungen besitzen und daher auf die Zuleitung heißen Wassers angewiesen sind. Wenn in diesen Gebäuden trotz der Speicherhaltetemperaturen von mehr als 60 °C Legionellen in nennenswerter Zahl nachgewiesen werden, so ist dies ein klarer Hinweis auf einen dominanten Einfluß des Kaltwasserleitungssystems.

In den in der Tab. 1 dargestellten Legionella-Nachweisen sind keine quantitativen Unterschiede zwischen Warm- und Kaltwasserproben erkennbar. Auch die Ergebnisse des Untersuchungsabschnittes B zeigen im Kaltwasserleitungssystem an der Entnahmestelle vor der Armatur (Tab. 2, Probeentnahmestelle 6) zweimal, nämlich in Anlage 1 und Anlage 4 einen positiven Legionella-Nachweis. Im Gegensatz dazu war die Probe 7, jene aus dem Warmwasserentnahmeventil vor der Waschtischarmatur gezapfte Warmwasserprobe mit Ausnahme der hochkontaminierten Anlage in Berlin durchwegs negativ.

Aus den Fakten der vorliegenden Untersuchung für Ein- und Zweifamilienhäuser wäre in Verbindung mit den Untersuchungen in den USA abzuleiten, daß die eigentliche Zone einer massiven Legionella-Vermehrung erst dort beginnt, wo aus Gründen des Verbrühungsschutzes bzw. dem gewählten Installationssystem entweder Kaltwasser mit Warmwasser vorvermischt verteilt wird, oder sich die beiden Leitungssysteme durch enge Nachbarschaft und längere Stagnationszeiten in Richtung einer Temperaturangleichung beeinflussen. Wie bereits angeführt, ist gerade durch die Vielzahl der gleichzeitig benützbaren Zapfventile die Verweildauer des Wassers sowohl der Warm- als auch der Kaltwasserleitung vor allem in jenem Bereich erhöht worden, wo geradezu zwangsläufig eine Erwärmung des Kaltwasserendstranges durch den Warmwasserendstrang stattfinden muß. Es wird nun sowohl von der Länge dieser Stagnationsbereiche als auch von der Dauer der Stagnation selbst abhängen, wie groß der zu erwartende Zuwachs an Bakterienbiomasse sein wird. Man kann davon ausgehen, daß Leitungssysteme eine um das bis zu "zigtausendfache" der theoretischen Innenoberfläche durch Ablagerungen oder Korrosionen vergrößerte Oberfläche besitzen. Erst diese riesigen besiedelbaren Oberflächen ermöglichen es einem so langsam wachsenden Bakterium wie Legionella, derartig hohe Biomassen aufzubauen.

Während der Biomassenzuwachs bei der diskontinuierlichen Verdünnung im "Freiwasserbereich" des zentralen Speichers auch im Hinblick auf die Speichertemperaturen gering sein wird, kann sich in Speichern mit starker Schlamm Bildung ein völlig anderes Bild ergeben. Die sich ansammelnden Schlammteilchen verschiedener Herkunft stellen wiederum riesige Bewuchsflächen bereit. Auch wenn die Vorstellung eines "Wirbelbettreaktors" hier sicherlich nicht zutrifft, können doch mit Mikroorganismenaggregaten massiv kontaminierte Schlammpartikel bei hohen Zapfraten in das Leitungssystem gelangen.

Bei morgendlichen Erstzapfungen wird deshalb die nachweisbare Menge von Legionellen einerseits in Abhängigkeit vom Zapfvolumen und andererseits in Abhängigkeit zur Beschaffenheit und Länge des der Zapfarmatur zugehörigen Leitungssystems stehen. Bei der Nachuntersuchung der Legionella-positiven Ein- und Zweifamilienhausanlagen (Untersuchungsabschnitt B) wurden aus den an den Armaturen vorgeschalteten Entnahmeventilen gezogenen Proben zumindest trendweise gezeigt, daß die Rolle z.B. moderner Einhandmischer mit kurzem Ablaufstück bei der Massenvermehrung von Legionellen wohl nur sehr marginal sein kann. Die überwiegende Menge der nachgewiesenen Legionellen muß aus den angrenzenden Kalt- und Warmwassersträngen stammen.

Von Mitgliedern der Arbeitsgruppe wurde der Wasserinhalt der Trinkwasserleitungssysteme von Ein- und Zweifamilienhäusern der BRD und Österreichs (nicht identisch mit den beprobten Anlagen) ermittelt, wobei maximal 25 l festgestellt wurden. Im Durchschnitt liegt der Wasserinhalt der Trinkwasserleitung bei 15 l.

Setzt man diese Volumina in Beziehung zum maximal gefundenen Inhalt einer Schlauchbrause (Wasservolumina der Braueschläuche: 21 - 48 ml, Volumina der Brauseköpfe der Schlauchbrausen: 50 - 98 ml) und der maximalen Zapfrate der Wannen- oder Brausearmatur (ca. 20 - 30 l/min) so zeigt sich, daß das stagnierende Wasservolumen in den Brausen praktisch keine Rolle spielt. Bei der Untersuchung der im Ultra-

schallbad abgelösten Innenbeläge der Brauseschläuche dominierten aerobe Sporenbildner. Es liegt nahe, daß diese Bakterien auch von der Oberfläche in die Armatur einwandern. Der Einbau eines Entleerungsventiles in die Brauseleitung erscheint daher nicht sinnvoll, da damit eine Kolonisation der Brause möglicherweise noch beschleunigt wird. Zusätzlich besteht die Gefahr, daß in den feuchten Innenbelägen der Brauseschläuche nach dem Entleeren - durch den nun unbegrenzten Sauerstoffzutritt - sich sauerstoffliebende Bakterien wie Pseudomonaden besonders gut vermehren können.

Unsere Arbeitshypothese, daß bei sauberem, schlammfreiem Speicher der Hauptbiomassenzuwachs von Legionellen von der Größe der besiedelbaren Oberflächen der Leitungssysteme abhängt, ist durch die Ergebnisse der Untersuchungsabschnitte A und B weitgehend bestätigt worden. Für die Präzisierung der Bedeutung der Dauer der Stagnation sind weitgehende Untersuchungen an einer Versuchsanlage im Zuge eines Untersuchungsabschnittes C erforderlich.

5. Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Aus der Zusammenschau der Untersuchungsergebnisse leiten sich folgende Schlußfolgerungen und Empfehlungen ab:

- Das Vermehrungspotential für Legionellen in Trinkwasserleitungssystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern ist gering im Vergleich zu Großgebäuden wie z.B. Krankenhäusern oder Hotels. Dies erklärt sich aus den kürzeren Leitungen bzw. kleineren Rohrdurchmessern und den daraus resultierenden geringen besiedelbaren Oberflächen.
- Aus unseren Untersuchungen kann kein Einfluß bestimmter Werkstoffe auf die Vermehrung von Legionellen abgeleitet werden. Materialien, die einer Vergrößerung der Innenoberfläche durch Ablagerung oder Korrosion entgegenwirken, sind jedoch vorzuziehen.
- Kaltwasserleitungen sind vor Erwärmung zu schützen. Sie sind in ausreichendem Abstand zu Wärmequellen zu verlegen und sind zu isolieren (siehe DIN 1988, Teil 2). Um Stagnation im Leitungssystem weitgehend zu vermeiden, ist eine entsprechende Leitungsführung, z.B. Ringleitung oder Strangleitung zu empfehlen.
- Schlammbildung vor allem in Speicherwassererwärmern ist unbedingt zu vermeiden. Speicherwassererwärmer sind regelmäßig auf Schlammbildung zu kontrollieren und gegebenenfalls zu reinigen. Forderungen nach einer generellen Erhöhung der Betriebstemperatur über den Wert der Heizungsanlagenverordnung hinaus führen unseres Erachtens nicht zum Ziel.
- Für die Warmwasserversorgung ist der Einbau von Zirkulationsleitungen mit Pumpen zu empfehlen. Der Betrieb der Zirkulationspumpen muß mindestens über mehrere Stunden am Tag erfolgen.

- Das in den Brausen und Brauseschläuchen bzw. Ausläufen der Mischarmaturen verbleibende Restwasser besitzt keine besondere Bedeutung bei der Vermehrung von Legionellen in Ein- und Zweifamilienhäusern. Forderungen nach selbstentleerenden Brausen bzw. Brauseschläuchen sind nicht sinnvoll.

6. Literatur

1. Anonymus: Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos, Bundesgesundheitsbl. 30, (1987), 252 - 253
2. Anonymus: Stellungnahme des DVGW-Hauptausschusses "Wasserverwendung" zu den Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes Berlin zur Verminderung eines "Legionella-Infektionsrisikos", Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, (DVGW), Eschborn, 1988
3. Seidel, K., Börnert, W., Bätz, G., Blankenburg, A. und Alexander, I.: Vorkommen von Legionella pneumophila in Grundwasser sowie kalten und warmen Trinkwässern. Vom Wasser 67, (1986), 39 - 48
4. Dutka, B.J., Walsh, K., Ewan, P., El-Schaarawi, A. und Tobin, R.S.: Incidence of Legionella organisms in selected Ontario (Canada) cities. Sc. Tot. Environ. 29, (1984), 237 - 249
5. Lee, T.C., Stout, J.E. and Yu, V.L.: Factors predisposing to Legionella pneumophila colonization in residential water systems. Arch. Environ. Health 43, (1988), 59-62
6. Mathys, W. und Junge, E.: Legionellen in Wassersystemen privater Haushalte und von Hallenbädern. Vortrag auf der Arbeitstagung 1990 der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, Münster, 1990
7. Weist, K., Martiny, H., Löffler, D., Wiesel, B. und Rüden, H.: 2. Mitteilung: Vorkommen von Legionella pneumophila in Warmwassersystemen von Privathaushalten. Forum-Städte-Hygiene 41, (1990), 79 - 84
8. Arnold, A., Taraboi, E., Cernek, U., Tiefenbrunner, F. und Emde, K.: Comparison of Different Detection Methods for Isolation of Legionella pneumophila from water supplies of Alpine Hotel resorts. In: Legionella - Proceedings of the 4th Int. Symposium, Orlando, 1992. Amer. Soc. for Microbiol., Washington, D.C. (im Druck)

Tab. 1: Nachweishäufigkeit von *Legionella pneumophila*, *Escherichia coli*, *Pseudomonaden* und nicht weiter differenzierten Keimen in den Kaltwasser-, Warmwasser- und Mischwasserproben (Brausekopf) der im Untersuchungsabschnitt A überprüften Anlagen

Probenstellen	Kaltwasser	Warmwasser	Mischwasser
<i>Legionella pneumophila</i>	6	6	5
<i>E.coli</i>	9	5	9
<i>Pseudomonas</i> spp.	51	49	50
Grampositive Kokken	52	37	41
Gramnegative Kokken	7	4	8
Grampositive Stäbchen	17	17	12
Sporenbildner	94	67	95

Tab. 2: Darstellung der quantitativen *Legionella*-Befunde in den Proben der intensiv nachuntersuchten Anlagen im Untersuchungsabschnitt

Positive Anlage	1	2	3	4	5
Probeentnahmestelle					
Speicherwassererwärmer					
1 Speichereintritt					16
2 Speicheraustritt				10	>500
3 Speicheraustritt nach Abkühlung unter 40 °C	10			10	139
4 Speicherboden					>500
5 Zirkulationsleitung					14
Waschtische					
6 Kaltwasser-Entnahmeventil, vor Kaltwasser-Zapfventil	35			10	
7 Warmwasser-Entnahmeventil, vor Warmwasser-Zapfventil					>1000
8 Kaltwasser-Zapfventil	10	10			
9 Warmwasser-Zapfventil		50			
10 Warmwasser-Zapfventil nach Abkühlung unter 40 °C			5		>500
Brausen					
11 Kaltwasser-Entnahmeventil vor Wannen- bzw. Brausearmatur					
12 Warmwasser-Entnahmeventil vor Wannen- bzw. Brausearmatur					3
13 Mischwasser aus Brausekopf				10	10
14 Brauseschlauch					
15 Handbrause + Brauseschlauch				57	

Wassertemperaturen

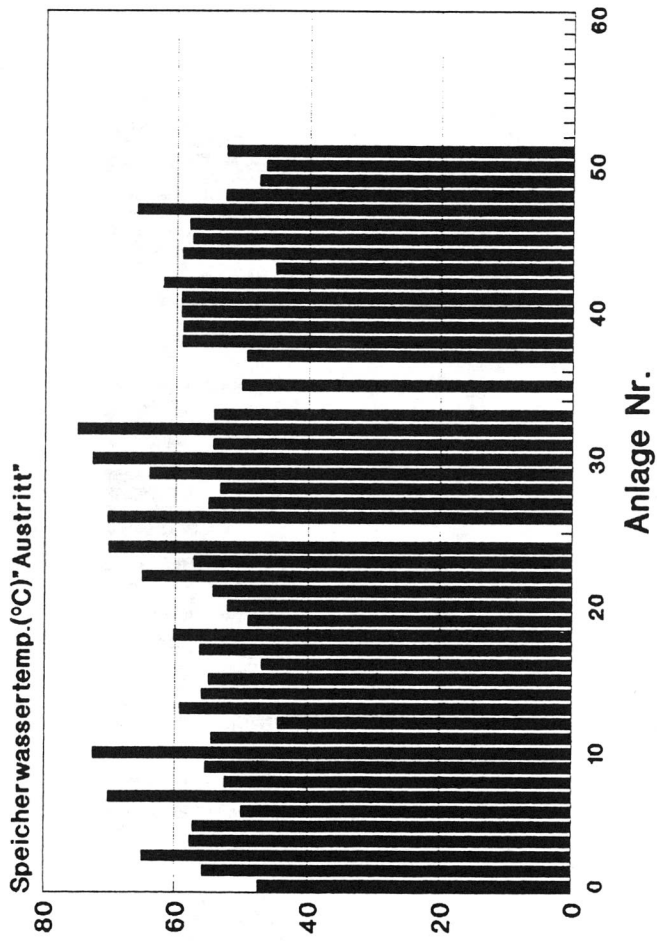


Abb. 2: Verteilung der Speicherwassertemperaturen an Anlagen mit zentralem Warmwasserspeicher

Leitungslänge / Anlage Kaltwasserleitung

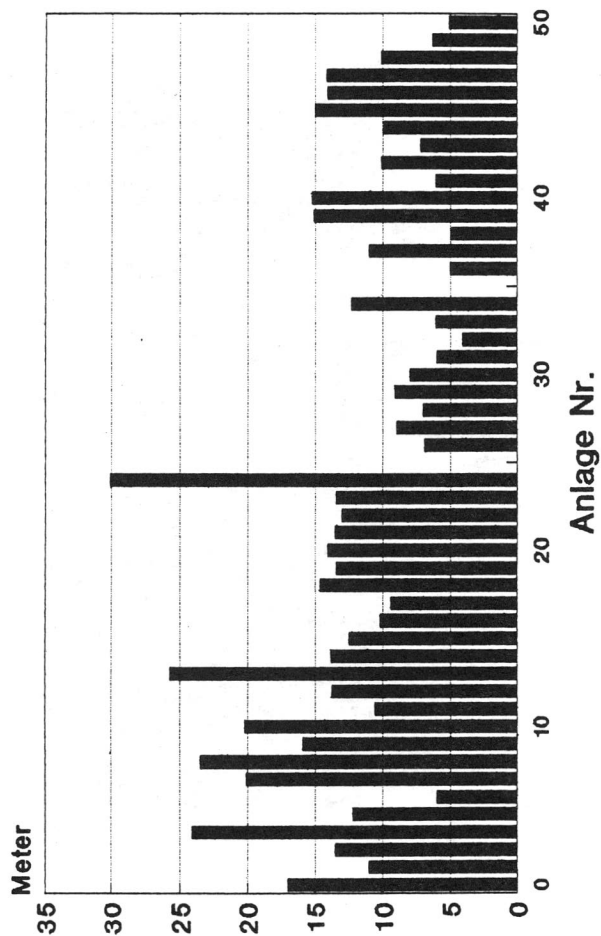


Abb. 3: Schematische Aufgliederung der erhobenen Leitungslängen vom Trinkwasserspeicher (Kaltwasser)

Leitungslänge / Anlage Warmwasserleitung

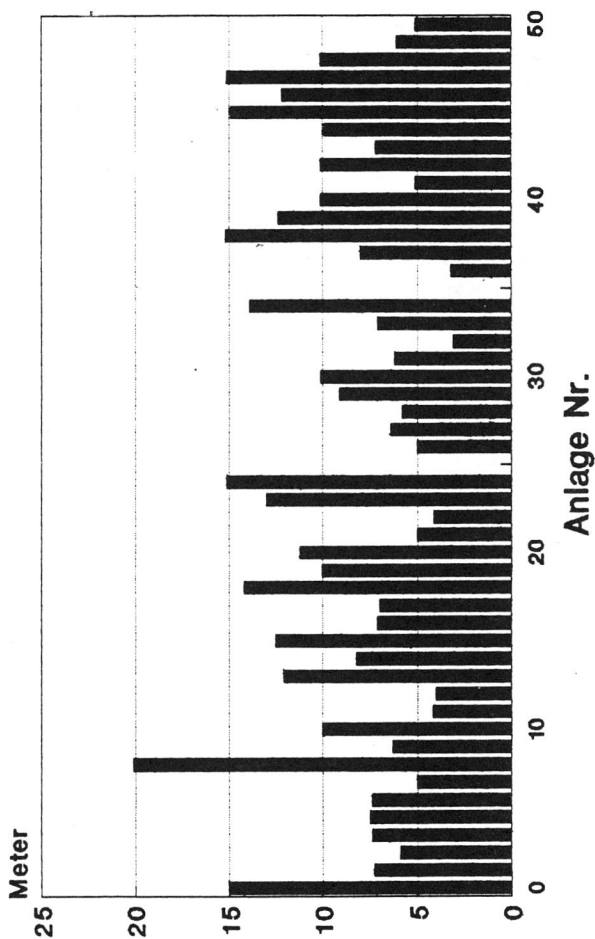


Abb. 4: Schematische Aufgliederung der erhobenen Leitungslängen vom Trinkwasserspeicher (Warmwasser)

Das DVGW-Arbeitsblatt W 551

M. Jutte u. D. Waider

Die Veröffentlichung der "Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos" im Juli 1987 [1] waren Anlaß zu einer Stellungnahme des DVGW-Hauptausschusses "Wasserverwendung" im Februar 1988 [2]. Hierin wurden der Fachöffentlichkeit erste Hinweise für Bau und Betrieb von Trinkwasser-Erwärmungsanlagen und Warmwasserinstallationen gegeben, verbunden mit dem Aufruf an alle interessierten Kreise, an der Erarbeitung von Technischen Regeln mitzuwirken bzw. entsprechende Bauteile zu entwickeln. Die Mitarbeit der Geräte-Hersteller war hier besonders gefragt.

Obwohl sich der DVGW damals darüber klar war, daß noch nicht alle im Bereich der Warmwasser-Installation relevanten Fragen zur Bewältigung des Legionella-Infektionsrisikos schlüssig beantwortet werden können, war die Stellungnahme im Februar 1988 notwendig. Zum einen warteten die Fachleute - Planer und Installateure - darauf, zum anderen war der Tendenz entgegenzutreten, die Unsicherheit im Fach zu unseriösen Geschäften auszunutzen.

Vor einiger Zeit hat nun der DVGW den Entwurf eines Arbeitsblattes "Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellen-Wachstums in Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen" [3] vorgelegt. Basierend auf dem derzeitigen Erkenntnisstand hat der DVGW-Fachausschuß "Trinkwassererwärmer" diese Regeln erarbeitet. In diesem Ausschuß sind Industrie, Bundesgesundheitsamt, Hygieniker, Mikrobiologen, Fachverbände, Planer, Prüfstellen und Versorgungsunternehmen vertreten (Abb. 1).

Zu dem Entwurf, den wir im folgenden vorstellen, konnte jeder Interessierte im Rahmen der Einspruchsfrist Änderungs- oder Ergänzungsvorschläge an den DVGW schicken. Es gingen bereits mehrere Einsprüche bei der DVGW-Hauptgeschäftsführung ein; die Einspruchsfrist endete am 31.12.1991. Im Februar und April 1992 fanden Einspruchsverhandlungen statt, auf denen die Einsprüche beraten wurden. Wir hoffen, daß das Arbeitsblatt dann möglichst bald als Technische Regel zur Verfügung steht.

Geltungsbereich

Das DVGW-Arbeitsblatt W 551 soll für Planung, Errichtung, Änderung und Betrieb von Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen für Ein-, Zwei- oder Mehrfamilienhäuser, Wohnanlagen, Altenheime, Krankenhäuser, Hotels, Bäder, Sport- und Industrieanlagen gelten, in denen erwärmtes Trinkwasser erzeugt wird und durch Trinkwasser-Installationen geleitet an Entnahmearmaturen z.B. zu Bade- und Duschzwecken zur Verwendung kommt.

Sinn und Zweck dieses Arbeitsblattes ist es, nicht nur für den Verbraucher den höchstmöglichen Schutz zu erreichen, sondern auch dem Planer und Installateur Sicherheit in technischer und rechtlicher Hinsicht zu geben.

In dem Abschnitt über mitgeltende Normen und Richtlinien ist neben den einschlägigen Regeln der Technik die "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen" des Bundesgesundheitsamtes [4] erwähnt.

Anforderungen an Planung und Errichtung von Trinkwassererwärmungsanlagen

Als allgemeine Anforderungen gelten für Trinkwasser-Installationen DIN 1988 [5] und für Trinkwassererwärmer DIN 4753 [6].

Der Fachausschuß ist in seinen Überlegungen von dem Prinzip ausgegangen, daß Trinkwasser-Erwärmungsanlagen und Warmwasserinstallationen so gebaut und betrieben werden sollen, daß ein Legionellenwachstum von vornherein verhindert wird. Dies bedeutet - zumindest für Neuanlagen -, daß das Problem der Legionellenbekämpfung gar nicht erst entsteht. So ist zu erklären, daß z.B. die in den BGA-Empfehlungen [1] aufgeführten "selbsttätig sich entleerenden Duschschläuche und -köpfe" in dem DVGW-Arbeitsblatt nicht aufgeführt sind.

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anforderungen an Planung und Errichtung von Trinkwassererwärmungsanlagen.

Die Auslegung von Trinkwassererwärmungsanlagen muß gemäß dem Bedarf an erwärmtem Trinkwasser nach den anerkannten Regeln der Technik erfolgen.

Neueren Untersuchungsergebnissen zufolge ist das Vorkommen von Legionellen in Kleinanlagen und das damit verbundene Infektionsrisiko als relativ geringer zu bewerten. Dementsprechend wurde im Arbeitsblatt eine Unterteilung in Anlagen mit Trinkwassererwärmern > 400 l bzw. ≤ 400 l vorgenommen.

Unter Berücksichtigung der Rohrleitungslängen, auf die noch an anderer Stelle eingegangen werden soll, sind bei Kleinanlagen (z.B. Ein- und Zweifamilienhäuser) mit Speicher-Trinkwassererwärmern mit einem Inhalt ≤ 400 l einstellbare Temperaturregler vorzusehen. Hier bleibt dem Nutzer (Eigentümer, Mieter) die Möglichkeit, seine Anlage individuell zu betreiben.

Für Großanlagen, das sind alle Anlagen mit Speicher-Trinkwassererwärmern von einem Inhalt > 400 l, sind zunächst Anforderungen an die Bauform der Trinkwassererwärmer zu stellen. Durch zum Beispiel Umwälzung und entsprechend konstruierten

Kaltwassereinlauf soll sichergestellt werden, daß das Wasser an allen Stellen im Speicher gleichmäßig erwärmt wird bzw. daß während eines Entnahmevorganges große Mischzonen im Speicher vermieden werden.

Die Frage der ausreichend großen Reinigungsöffnungen ist im Zusammenhang mit der Bauform der Trinkwassererwärmer neu zu diskutieren. Zwei Schaulöcher bzw. ein Handloch für Behälter mit einem Nenninhalt von 200 - 500 l, wie in DIN 4753, Teil 1, Tabelle 1 [6] festgelegt, sind für eine ordnungsgemäße Reinigung nicht ausreichend.

Im DVGW-Fachausschuß "Trinkwassererwärmer" wurden Zielvorstellungen für Reinigungsöffnungen in Trinkwassererwärmern entwickelt. Die Tabelle 2 gibt einen Überblick.

Hinsichtlich des Betriebes von Großanlagen, also bei Trinkwassererwärmern mit einem Inhalt von mehr als 400 l sowie bei Trinkwassererwärmern mit einem Inhalt < 400 l und langen Rohrleitungen ist festgelegt worden, daß am Wasseraustritt des Trinkwassererwärmers eine Temperatur von 60 °C eingehalten werden muß. Unter Berücksichtigung der Schaltdifferenz des Reglers darf eine Temperatur von 55 °C nicht unterschritten werden.

Bei Anlagen mit Vorwärmstufen muß das erwärmte Wasser den Trinkwassererwärmer mit mindestens 60 °C verlassen. Der gesamte Wasserinhalt von Vorwärmstufe und Reservespeicher ist mindestens einmal am Tag auf 60 °C zu erwärmen. Auch bei diesen Anlagen dürfen unter Berücksichtigung der Schaltdifferenz des Reglers 55 °C nicht unterschritten werden. Besonders bei neuen Anlagen sind diese Anforderungen zu beachten.

Die hohen Temperaturen - sowohl im Trinkwassererwärmer selbst wie auch im nachgeschalteten Rohrnetz - erfordern sorgfältige Werkstoffauswahl, um Korrosionsschäden zu vermeiden. Kenntnisse über die Wasserqualität und die Einsatzkriterien der einzelnen Rohrwerkstoffe sind für den Planer unerlässlich. Im Arbeitsblatt wird hinsichtlich der zu verwendenden Werkstoffe für Rohrleitungen auf DIN 1988 Teil 2, Abschnitt 2.2, [5], hingewiesen.

Um die gegenseitige Temperaturbeeinflussung von kalt- und warmgehenden Leitungen zu begrenzen, sind die Rohrleitungen für kaltes und für erwärmtes Trinkwasser zu isolieren. Auch diesbezüglich wird auf DIN 1988 Teil 2, [5] verwiesen.

Die Verlegung von warm- und kaltgehenden Leitungen in getrennten Installations-schächten wäre zwar am günstigsten, scheitert in aller Regel aber an den baulichen Gegebenheiten. Hier sind auch die Architekten aufgefordert, sich den Anregungen und Wünschen der Planer für die Versorgungstechnik künftig anzunehmen.

Die alte Forderung, die zentrale Trinkwassererwärmung auf die unbedingt notwendigen Entnahmestellen zu beschränken, hilft, unnötig lange Warmwasserleitungen und damit Stagnationszonen aber auch Energieverluste zu vermeiden. Deshalb sind gegebenenfalls dezentrale Trinkwassererwärmer vorzuziehen.

Auf eine definitive Abgrenzung mit genauen Meterzahlen zwischen langen und kurzen Rohrleitungen wurde verzichtet. Der Bereich der kurzen Rohrleitung ist in der Regel im Ein- und Zweifamilienhaus bei entsprechender Leitungsführung gegeben.

Zirkulationsleitungen

In DIN 1988 Teil 3, Abschnitt 14, [5], wird im Hinblick auf Energieeinsparung für Zirkulationsleitungen folgende Aussage gemacht: "In jedem Fall soll überprüft werden, ob eine Zirkulationsleitung bei geringen Leitungslängen und kurzen Fließzeiten vom Trinkwassererwärmer zur Entnahmestelle überhaupt notwendig ist. Bei entfernt liegenden Entnahmestellen kann dezentrale Wassererwärmung sowohl in hygienischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht zweckmäßiger sein. Durch Unterbrechung der Zirkulation in Verbrauchspausen (zum Beispiel durch Zeitschaltuhr) wird der Wärmeverlust verringert."

Im Arbeitsblatt W 551 wird die Betriebsunterbrechung für Zirkulationspumpen auf maximal 8 Stunden täglich begrenzt. Wegen zu großer Temperaturdifferenzen sind Schwerkraftzirkulationen aus hygienischer und wirtschaftlicher Sicht nicht zu empfehlen und sollen daher vermieden werden.

Zirkulationsleitungen sind zur Vermeidung von Stagnationszonen möglichst nahe an die Entnahmestellen zu führen. Bei der Bemessung der Pumpen und Leitungen ist zu beachten, daß in zirkulierenden Warmwassersystemen die Warmwassertemperatur um nicht mehr als 5 K gegenüber der Speicheraustrittstemperatur unterschritten wird.

Sinnvoll kann bei verschiedenen Anlagenkonzeptionen der Einsatz einer elektrischen selbstregelnden Begleitheizung (Heizband) anstelle von Zirkulationsleitungen sein. In jedem Fall sind Begleitheizungen bis an die Entnahmestellen zu führen. Damit wird erreicht, daß auch in den Stichleitungen die Temperatur um nicht mehr als 5 K gegenüber der Speicheraustrittstemperatur unterschritten wird.

Anforderungen an Armaturen

Hinsichtlich der Anforderungen an Armaturen wird auf DIN 1988 Teil 2, Abschnitt 4, [5], verwiesen. Weiterhin wird ausgeführt: "Mischarmaturen sind so nahe wie möglich an die Entnahmestellen zu montieren." Durch die hohen Temperaturen im Leitungsnetz sind Vorkkehrungen gegen Verbrühungen, zum Beispiel durch Thermostatbatterien, zu treffen.

Betrieb der Anlagen

In einem weiteren Abschnitt wird auf den Betrieb der Anlagen eingegangen. Die Tabelle 3 gibt einen Überblick.

Stagnationsprobleme bei nicht benutzten Leitungsteilen werden in DIN 1988 Teil 4, Abschnitt 3.5, [5], ausführlich behandelt. Nicht benutzte Leitungsteile sind abzutrennen und zu entleeren.

Wartung der Anlagen

Im Entwurf des Arbeitsblattes wird auch die Wartung der Anlagen angesprochen. Auch hier wurde wieder der Bezug zur DIN 1988 [5] hergestellt, die in Teil 8 ausführliche Angaben für die Wartung der Hausinstallation enthält.

Um größtmöglichen Schutz für die Verbraucher zu erzielen, soll die Einhaltung der Anforderungen des Arbeitsblattes regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls protokolliert werden.

Altanlagen sollten nach Möglichkeit dem Stand der Technik angepaßt werden. Anlagen, die Risiken bergen, sind gezielt zu untersuchen und, wenn möglich, umzubauen.

Der Arbeitsblatt-Entwurf enthält noch keine Aussagen zu Mischwasseranlagen mit Zentralthermostaten und über den Einsatz von UV-Anlagen. Hierzu wurden bereits Vorschläge zur Einarbeitung in das Arbeitsblatt angekündigt. Sie sollen in der Einpruchsverhandlung diskutiert werden.

Im Rahmen der europäischen Normungsarbeit wird in der zuständigen Kommission TC 164/WG 10/TG 1 von den deutschen Vertretern angestrebt, den technischen Standard der DIN 4753 [6] in einer neuen europäischen Norm über Trinkwassererwärmer zu gewährleisten. Leider konnte hierüber bisher keine Übereinkunft gefunden werden. Es besteht die Gefahr, daß der zur Zeit geltende deutsche Standard in Zukunft nicht mehr sichergestellt ist. Der DVGW bemüht sich, hygienische Aspekte wie zum Beispiel entsprechende Reinigungsöffnungen und Anforderungen an Werkstoffe für Trinkwassererwärmer festzuschreiben.

Inwieweit das Problem der Verminderung des Legionellenwachstums Eingang in die europäische Normungsarbeit finden wird, läßt sich bis jetzt noch nicht übersehen.

Der DVGW hofft, mit dem Arbeitsblatt W 551 einen wirksamen Beitrag zur Verminderung des Legionellenwachstums in Trinkwasser-Erwärmungsanlagen und Warmwasserinstallationen zu leisten.

Literatur

1. Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos, Bundesgesundhbl. 30, Nr. 7, Juli 1987, 252 - 253
2. Stellungnahme des DVGW-Hauptausschusses "Wasserverwendung" zu den "Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos". DVGW-Wasser-Information 13, Ausgabe 2/88
3. DVGW-Arbeitsblatt W 551 "Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen: Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums", (Entwurf August 1991), im März 1993 in das DVGW-Regelwerk aufgenommen worden

4. Anlage zu Ziffer 4.4.6 und 6.7 der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen". Bundesgesundhbl. 31, Nr. 7, Juli 1988, 254 - 256
5. DIN 1988 "Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI)", Dezember 1988; Teil 2: Planung und Ausführung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Teil 3: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Teil 4: Schutz des Trinkwassers, Erhaltung der Trinkwassergüte
6. DIN 4753 "Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser" Teil 1: Anforderungen, Kennzeichnung, Ausrüstung und Prüfung, März 1988; Teil 2: Verfahrensgang zur Registrierung von Wassererwärmern bzw. Wassererwärmungsanlagen, Januar 1984

Tab. 1: Anforderungen an Planung und Errichtung von Trinkwassererwärmungsanlagen

Bauart des Trinkwassererwärmers	Inhalt (l)	Rohrleitungen	Anforderungen Planung/Errichtung
Dezentrale Durchfluß-Trinkwassererwärmer	< 3	kurze Rohrleitungen	keine Maßnahmen erforderlich
Dezentrale und zentrale Speicher-Trinkwassererwärmer	≤ 400	kurze Rohrleitung	Die Reglertemperatur muß auf 60 °C einstellbar sein
	≤ 400	lange Rohrleitung	Am Warmwasser-austritt des Trinkwassererwärmers muß eine Temperatur von 60 °C ¹⁾ eingehalten werden
Zentrale Durchfluß-wassererwärmer	> 400	ohne Bedeutung	
Vorwärmstufen und Reservespeicher	ohne Bedeutung	ohne Bedeutung	Anlage muß 1 x am Tag auf 60 °C ¹⁾ erwärmt werden können

- 1) Unter Berücksichtigung der Schaltdifferenz des Reglers darf eine Temperatur von 55 °C nicht unterschritten werden.

Tab. 2: Reinigungsöffnungen in Trinkwassererwärmern (Zielvorstellungen)

Behälter				Reinigungs- und Besichtigungsöffnungen sind so anzuordnen, daß die erforderliche Reinigung des gesamten Behälters und der Heizflächen möglich ist. Die Öffnung für ausbaubare Heizeinsätze kann als Reinigungs- und Besichtigungsmöglichkeit dienen.
Nenninhalt in l		Durchmesser in mm		
über	bis	über	bis	
	50	-	-	Die vorgesehenen Anschlüsse bzw. Öffnung für Heizeinsatz sind ausreichend.
50	200	-	-	1 Reinigungsöffnung mit mind. 100 mm Durchmesser. Sonderevereinbarungen sind bei Speicherwassererwärmen erforderlich, die von einer anerkannten Prüfstelle zu prüfen sind. Lage und Größe sind im Einzelfall zu vereinbaren.
200	500			1 Reinigungsöffnung mit mind. 120 mm Durchmesser oder oval 100 x 150 mm.
500			1200	1 Reinigungsöffnung mit mind. 300 mm Durchmesser oder 2 Reinigungsöffnungen mit mind. 120 mm Durchmesser oder oval 100 x 150 mm. Bei Mantellängen über 2000 mm ist eine Reinigungsöffnung von mind. 400 mm Durchmesser oder oval 300 x 400 mm vorzusehen.
500		1200		1 Reinigungsöffnung von mind. 400 mm Durchmesser oder oval 300 x 400 mm ist vorzusehen.

Tab. 3: Betrieb von Trinkwassererwärmungsanlagen

Trinkwassererwärmer	Inhalt	Betrieb/Temperatur
Dezentrale und zentrale Speichertrinkwassererwärmer und zentrale Durchflußwassererwärmer	$\leq 400 \text{ l}$	Empfehlung, die Reglertemperatur auf 60°C einzustellen
	$\leq 400 \text{ l}$ und lange Rohrleitungen	Temperatur von 60°C ¹⁾ am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers muß eingehalten werden
	$> 400 \text{ l}$	
Anlagen mit Vorwärmstufen		
Vorwärmstufen und Reservespeicher		Der gesamte Wasserinhalt ist mind. 1 x am Tag auf 60°C zu erwärmen

- 1) Unter Berücksichtigung der Schaltdifferenz des Reglers darf eine Temperatur von 55°C nicht unterschritten werden.

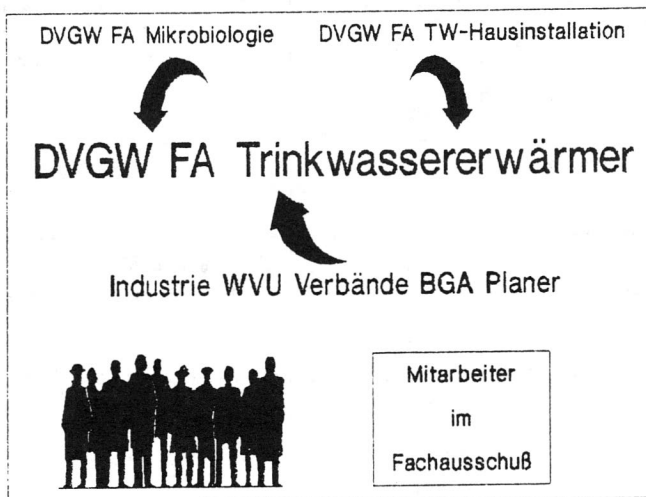


Abb. 1: An der Erarbeitung des Arbeitsblattes W 551 beteiligte Gremien

Andere technische Regeln und das Legionellenproblem

H.-G. Moll

Die wichtigste technische Regel auf dem Gebiet der Trinkwasserversorgung - und nur dieses Gebiet soll hier behandelt werden - ist die DIN 1988 [1]. Unter dem Titel "Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen" ist sie im Dezember 1988 in neuer Fassung und in erheblich erweitertem Umfang erschienen, ohne daß auch nur ein einziges Mal das Wort *Legionella* erwähnt worden wäre. Dieses liegt daran, daß es zur Zeit der Bearbeitung des Normenentwurfs noch nicht genügend Erkenntnisse gab, um konkrete Handlungsanweisungen für die Praxis zu formulieren.

Es gibt allerdings eine Vielzahl von Vorschriften in der DIN 1988, die sich indirekt dem Legionellenproblem widmen. Wenn man diese Vorschriften beachtet, werden wichtige Voraussetzungen zur Bekämpfung des *Legionella*-Infektionsrisikos getroffen.

Als erste - und bis auf das DVGW-Arbeitsblatt W 551 bisher auch einzige - technische Regel, die sich explizit mit Legionellen befaßt, erschienen im Juli 1988 die "Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung" in Krankenhäusern, eine Anlage zur "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen" des BGA (kurz: Krankenhaushygienerichtlinie) [2].

An vielen Stellen dieser Richtlinie wird auf Formulierungen der DIN 1988 Bezug genommen, die somit für den wichtigen Bereich der Krankenhäuser eine besondere Bedeutung erhielten. Im folgenden wird anhand der Krankenhaushygienerichtlinie dargestellt, welche Gesichtspunkte bei der Trinkwasserinstallation beachtet werden müssen.

1. Anforderungen an das gesamte Trinkwassernetz (Kalt- und Warmwasser)

1.1 Rohre und andere Anlagenteile, aber auch Hilfsstoffe (z.B. Lote, Flußmittel, Gewindeschneidmittel) müssen entsprechend den anerkannten Regeln der Technik beschaffen sein. Man kann dann davon ausgehen, daß von den Materialien der Trinkwasseranlage kein das Wachstum der Legionellen fördernder Einfluß ausgeht.

Die zu beachtenden Regeln der Technik sind:

- DIN 1988 Teil 2, Beiblatt 1 (Rohre, Armaturen, Hilfsstoffe)

- KTW-Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes (physikalische Prüfung von Kunststoffen)
- DVGW-Arbeitsblatt W 270 (mikrobiologische Prüfung von Kunststoffen)

Auch die AVB Wasser V [3], die das Vertragsverhältnis zwischen dem Wasserversorgungsunternehmen und dem Kunden behandelt, fordert die Beachtung der Regeln der Technik bei der Auswahl der Materialien.

1.2 Trinkwasserleitungen müssen gedämmt (isoliert) werden. In Kaltwasserleitungen muß eine temperaturbedingte Vermehrung der Legionellen vermieden werden. Sie müssen daher in ausreichendem Abstand zu Wärmequellen wie z.B. Schornsteinen und Warmwasserleitungen errichtet und ggf. gedämmt werden. Warmwasserleitungen müssen generell gedämmt werden.

- DIN 1988 Teil 2, Nr. 10.2

1.3 Mangelnder Wasseraustausch, der die Vermehrung der Legionellen begünstigen würde, muß vermieden werden. Die Rohrleitungen dürfen daher nicht überdimensioniert werden. Endstränge und Versorgungsbereiche mit stagnierendem Wasser müssen vermieden werden.

- DIN 1988 Teil 3

1.4 Trinkwasserfilter wurden von der Krankenhaushygienekommission als hygienisches Risiko angesehen. Es wurde daher von ihrer Verwendung in Krankenhäusern abgeraten. Dieses steht im Gegensatz zur Forderung der DIN 1988 Teil 2, Nr. 8.1.1, nach der bei metallenen Leitungen unmittelbar hinter der Wasserzähleranlage ein Filter nach DIN 19632 einzubauen ist und dieses für Kunststoffleitungen empfohlen wird.

1.5 Wasserauslaufarmaturen sind weitere Installationsteile, in denen häufig eine massive Legionellenkontamination ermittelt wurde. Wasserhähne, Mischventile, Duschköpfe u.ä. sollten daher so beschaffen sein, daß kein stagnierendes Wasser zwischen der Absperrung und dem Auslauf vorhanden ist und sie gut zu reinigen und zu desinfizieren sind. Armaturen mit Strahlregler mit Sieb oder Lochblech werden als für Krankenhäuser nicht geeignet angesehen.

2. Anforderungen an das Warmwassernetz

2.1 Es wird empfohlen, die Warmwasserversorgung auf häufig benutzte Entnahmestellen zu beschränken, um stagnierendes Warmwasser zu vermeiden, das für Legionellen besonders günstige Lebensbedingungen bietet.

2.2 Offenbar nehmen die Probleme mit den Legionellen zu, je ausgedehnter das Warmwassernetz ist. Daher wird empfohlen, das Netz auf mehrere Warmwassersysteme aufzuteilen. Das gilt sowohl für den Fall, daß das Krankenhaus aus einem großen als auch aus mehreren kleineren Gebäuden besteht.

2.3 Das gespeicherte Wasservolumen sollte möglichst klein sein und auf 60 °C erwärmt werden. Das gesamte Volumen sollte gleichmäßig warm sein. Diese Anforderung ist praktisch identisch mit der im Entwurf des Arbeitsblattes W 551 vorgesehenen Formulierung, nach der bei größeren Trinkwassererwärmern (> 400 l) am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers eine Temperatur von 60 °C eingehalten werden muß.

2.4 Der Erkenntnis, daß Ablagerungen und Inkrustierungen für Legionellen offenbar gute Lebensbedingungen bieten, wurde mit der Forderung Rechnung getragen, daß die Speicher Öffnungen besitzen, die eine gründliche Reinigung ermöglichen. Eine Wartung der Speicher muß regelmäßig erfolgen, wobei die Zeitabstände in Abhängigkeit u.a. von den mikrobiologischen Befunden vom Krankenhaushygieniker festzulegen sind.

- DIN 1988 Teil 8

2.5 Zu der noch nicht völlig geklärten Frage, ob Zirkulationsleitungen (oder Begleitheizungen) im Warmwassernetz notwendig sind, stellt die Krankenhaushygiene-richtlinie fest, daß diese möglichst bis an die Entnahmestelle geführt werden sollen. Dabei soll die Warmwassertemperatur von 55 °C in den Zirkulationsleitungen nicht unterschritten werden. Auch diese Forderung stimmt mit dem Entwurf von W 551 überein (4.4.3).

2.6 In Ergänzung zu Punkt 1.1 wird gefordert, daß die eingesetzten Materialien Temperaturen von 70 °C widerstehen können und einen ausreichenden Schutz vor Korrosionsschäden bieten müssen. Diese Forderung ist eingehalten, da nach DIN 1988 Temperaturen bis 85 °C zu berücksichtigen sind.

- DIN 1988 Teil 2, Nr. 2.2.3

2.7 Duschschläuche in Krankenhäusern sollten sich nach Benutzung selbsttätig entleeren. Diese Forderung wird hinsichtlich ihrer Notwendigkeit in Fachkreisen lebhaft diskutiert. Häufig wird diese Forderung als überflüssig bezeichnet.

2.8 Da eine Legionella-Infektion nur über das Einatmen von Aerosolen erfolgen kann, sollte deren Entstehen durch eine entsprechende Gestaltung von Entnahmearmaturen bei Waschbecken und Duschköpfen zusätzlich minimiert werden.

2.9 Das warme Wasser sollte einerseits unmittelbar vor dem Mischen am Ablauf mindestens 55 °C warm sein (s. 2.5), andererseits müssen Vorkehrungen gegen Verbrühungen getroffen werden. Die Arbeitsstättenverordnung und die Richtlinie über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern (KrBauR) fordern, daß 45 °C am Ablauf nicht überschritten werden.

- DIN 1988 Teil 2, Nr. 4.2

- KrBauR, § 23

Über diese, in der Krankenhaushygienerichtlinie erwähnten Gesichtspunkte hinaus sollten zwei weitere, die in der DIN 1988 erwähnt bzw. nicht zugelassen werden, beachtet werden:

DIN 1988 Teil 2, Nr. 3.4.2.13 fordert, daß in Anlagen für erwärmtes Trinkwasser Bauteile nicht eingebaut werden, die bestimmungsgemäß Wärme abgeben. Damit soll der Einsatz von z.B. Handtuchtrocknern verhindert werden, die von warmem Trinkwasser durchströmt werden und in denen sich dieses Wasser entsprechend abkühlt.

Nicht erwähnt in der DIN 1988 und somit auch nicht dieser Norm entsprechend ist der Einsatz von Membranausdehnungsgefäßen im Warmwassersystem, die bekanntlich z.B. in Heizungsanlagen erfolgreich und sinnvoll eingesetzt werden. Neben anderen Argumenten, die gegen den Einsatz dieser Apparate sprechen, muß den Membranausdehnungsgefäßen entgegengehalten werden, daß sie ein mehr oder weniger großes stagnierendes Volumen warmen Wassers darstellen, in dem die für die Vermehrung von Legionellen günstigen Temperaturen häufig vorzufinden sind.

Literatur

1. DIN 1988 Teil 1 - 8: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen, Ausgabe 1988, Beuth Verlag Berlin
2. BGA-Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen: Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung, Bundesgesundhbl. 31 (1988), 254
3. Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser. (AVB WasserV) BGBl. I, 1980, 750

Reduzierung von Legionellen im Duschwasser von Hallenbädern UV-Desinfektion als Alternative zur Temperaturerhöhung?

W. Mathys, D. Waschko-Dransmann, E. Junge u. R. Krysch

Die fast unausweichliche Kolonisierung niedertemperierter Warmwassersysteme von Großgebäuden ist durch eine Vielzahl von Untersuchungen belegt [1, 2].

Die höchsten Besiedlungen ließen sich bei unseren Untersuchungen jedoch im Duschwasser von Bädern, insbesondere Hallenbädern, feststellen [3]. Betroffen war in der Regel das gesamte Warmwassersystem einschließlich der Speicher. Mehr als 80 % aller Duschwasserproben enthielten Legionellen, teilweise in extremen Größenordnungen von über 5 Millionen pro Liter (Tab. 1). Infektionen beim Duschen sind bei derart besiedelten Wässern nicht mehr auszuschließen und eine kurzfristige Sanierung des Warmwassersystems ist unumgänglich.

Der Grund für die ungewöhnlich starke Besiedlung des Warmwassers ist die Bevorratung großer Wasservolumina bei Temperaturen zwischen 36 °C und ca. 42 °C. In der Regel wird das Warmwasser ohne Mischmöglichkeiten direkt zu den Duschen geleitet. Die bei älteren Bädern noch übliche Technik einer Warmwasserbereitung von 60 °C heißem Wasser und Mischung am Verbrauchsort wurde bei den meisten Bädern aus Gründen der Energie- und Wassereinsparung leider verlassen.

Ausschlaggebend für den Grad der Besiedlung ist dabei die Temperatur des zentralen Speichers. Immer dann, wenn hier die Temperaturen zwischen 40 °C und 50 °C liegen, sind hohe Legionellenzahlen, insbesondere in den Speichern selbst, zu erwarten. Mit zunehmendem Wasserverbrauch an den Duschen nehmen deshalb die Legionellenzahlen nicht ab, sondern deutlich zu (Abb. 1).

Nur in wenigen Bädern kann die Produktion niedertemperierten Warmwassers wieder rückgängig gemacht werden. Wo es gelingt, den Gesamt-Speicher dauerhaft auf 60 °C und höher aufzuheizen, ist der Sanierungserfolg innerhalb kürzester Zeit gegeben (Abb. 2). Nur noch vereinzelt lassen sich an den Duschen Legionellen nachweisen, in der Regel nur in den ersten Minuten des Wasserverbrauchs.

Als Alternative zu der permanenten Temperaturerhöhung, die oft aus Kostengründen von den Kommunen nur äußerst ungern akzeptiert wird, erproben wir in einer Reihe von Bädern das Verfahren der intermittierenden Aufheizung. Dabei wird das gesamte Warmwasser in bestimmten Zeitabständen auf Temperaturen zwischen 65 °C und 75 °C aufgeheizt und die Duschen mit dem erwärmten Wasser gespült. Das hochoverwärmte Wasser wird anschließend in die Badebecken geleitet, so daß die Netto-Energieverluste minimal bleiben.

Bei einer Vielzahl von Bädern kann so bei einem Intervall von 14 Tagen eine zufriedenstellende Reduzierung der Legionellenzahlen erreicht werden [3]. Der Arbeitsaufwand für diese Maßnahme ist allerdings recht hoch und der Erfolg hängt maßgeblich von der Zuverlässigkeit des Personals ab, welches die Aufheizung durchführt. Bei einigen Bädern sprunghaft sich erhöhende Legionellenzahlen ließen sich oft auf eine unsachgemäße Aufheizung (= zu geringe Temperatur oder nicht ausreichende Einwirkzeit) oder das vollständige "Vergessen" dieser Wartungsarbeit zurückführen.

Besonders problematisch erweist sich das Verfahren bei Bädern, welche die erforderlichen Temperaturen von deutlich > 60 °C auf Grund zu gering dimensionierter Warmwasserbereiter nur mit Schwierigkeiten erreichen, so daß die Einwirkzeiten gering (< 1h) und teilweise unkontrollierbar sind. Hier gelingt keine ausreichende Reduzierung der Legionellenzahlen, und bereits nach 7 Tagen kommt es zu starken Vermehrungen, die etwa 15 Tage nach dem Aufheizen ihr Maximum erreichen (Abb. 3). Besonders begünstigt wird die Vermehrung der Legionellen durch eine Temperaturschichtung im Warmwasserbereiter, so daß nach der intermittierenden Aufheizung der Besiedlungsgrad sich sogar noch verstärken kann.

Von den Betreibern der Bäder wurde deshalb immer wieder der Wunsch nach einer Alternative zu der sehr arbeitsaufwendigen und nicht immer erfolgreichen intermittierenden Aufheizung an uns herangetragen.

In der Erprobung sind deswegen zur Zeit Verfahren der chemischen Desinfektion mit verschiedenen Chlor bzw. Chlordioxidpräparaten sowie eine UV-Desinfektion des Schwabwassers. Die letztere Alternative konnten wir über mehrere Monate in einem Freibad mit starker Besiedlung von Legionellen testen.

Die Installation der UV-Anlage unterscheidet sich dabei grundlegend von Konzepten, wie sie etwa im Klinikum Aachen erprobt werden (sog. "Aachener Konzept") [4, 5]. Beim "Aachener Konzept" ist die UV-Anlage in eine Zirkulationsleitung integriert und verlängert die Intervalle zwischen notwendigen chemischen Desinfektionsmaßnahmen im Warmwassersystem.

Bei den Bädern ist die Situation jedoch grundlegend anders. Das von den Speichern zu den Duschen fortgeleitete Wasser wird nach den Abzweigungen von der Zirkulation nur in einer "Einbahnstraße", d.h. zu den Duschen hin, aber nicht zurück zur Zirkulation geführt. Der optimale Installationsort einer UV-Anlage ist somit der Leitungsstrang hinter der Zirkulation. Ziel der Maßnahme ist eine Reduzierung im Bereich der Duschen, eine Besiedlung von Speicher und Verteilersystem wird dadurch nicht beeinflusst und muß zwangsläufig toleriert werden.

Die UV-Strahler, die speziell für Warmwassersysteme geeignet sein müssen, befinden sich innerhalb einer allseits geschlossenen Anlage. Eine Funktionskontrolle ist deshalb

nur über die Kontrolle der elektrischen Funktionen zu erreichen. Eine wirksame Überwachung erfolgt über die UV-Strahlenmessung mit Hilfe UV-selektiver Photosensoren. Diese messen als Summensignal sowohl die Bestrahlungsstärke der Strahler als auch Verluste durch Beläge auf dem Quarzschutzrohr oder Wassertrübungen.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen (Abb. 4) zeigen eine gute Wirksamkeit der UV-Desinfektion. Über einen Zeitraum von drei Monaten konnten an den Duschen selbst keine oder nur sehr geringe Legionellenzahlen unterhalb von 10 KBE/ml nachgewiesen werden. Nach 5-minütigem Ablaufenlassen waren alle Proben legionellenfrei. Die fast 100 %ige Reduzierung der Legionellen erfolgte dabei unabhängig von der Besiedlung vor der Anlage.

Im Speicher bzw. im Zirkulationssystem vor der UV-Anlage schwankten die Legionellenzahlen wegen einer parallel durchgeführten intermittierenden Aufheizung sehr stark (zwischen < 10 KBE/ml und 500 KBE/ml).

Voraussetzung für den Erfolg dieses Konzeptes ist eine sorgfältige und regelmäßige technische Überwachung der UV-Anlage durch das Personal der Bäder sowie regelmäßige mikrobiologische Kontrolluntersuchungen an den Duschen. Optimal wäre die Ausgabe einer Störmeldung zu einer zentralen Leitwarte bei Ausfall oder ungenügender Wirksamkeit (zu geringe UV-Dosis) der Anlage.

Bei Sicherstellung der notwendigen Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen stellt somit die UV-Desinfektion eine kostengünstige und wenig personal-intensive Alternative zur intermittierenden Aufheizung dar.

Literatur

1. Mathys, W., Junge, E.: Hygienische und klinische Aspekte der Legionellenbesiedlung in Krankenhäusern. Kongreßbericht über III. Krankenhaushygiene-Kongreß vom 17. - 19. März 1988 in Marburg, Marburg (1988), 269 - 279
2. Mathys, W., Junge, E., Sobek-Pfeiffer, C., Bösenberg, H., v.Eiff, M.: The importance of different laboratory methods in Legionella diagnosis in medical care. Zbl.Hyg. A. 270, (1988), 122 - 130
3. Mathys, W., Junge, E.: Legionellen in Dusch-Wassersystemen privater Haushalte und von Hallenbädern: Forum Städte-Hygiene 41, (1990), 282 - 285
4. Risse, M.Ch., Krause, H., Eikmann, Th.: Maßnahmen zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos im Krankenhaus. Gesundheits-Ingenieur 111, (1990), 257 - 263
5. Krysch, R.: Das Aachener Konzept: Sanitär-, Heizungs- u. Klimatechnik "sbz" 46, (1991), 44 - 48

Tab. 1: Anteil von Hallenbädern mit positiven Legionellennachweisen im Duschwassersystem

KBE/ml Legionellen	% der positiven Befunde
< 10	70,2
< 100	15,4
< 1000	7,8
> 1000	6,6

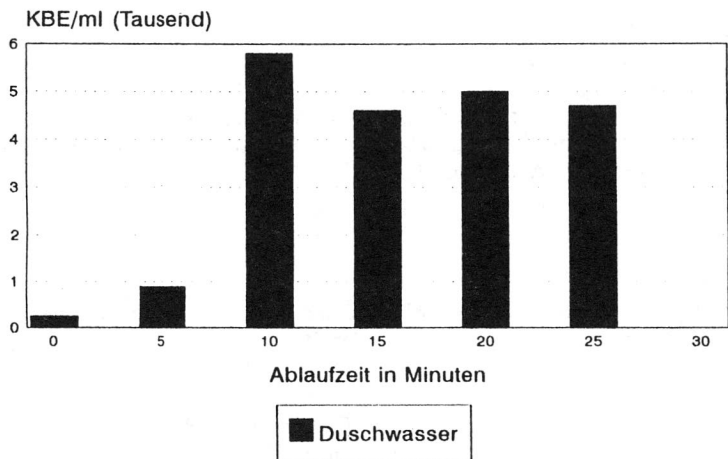


Abb. 1: Einfluß der Ablaufzeit auf die Legionellenzahlen im Duschwasser von Duschen eines Hallenbades (Vorlauf- u. Speichertemperatur 38 °C - 42 °C)

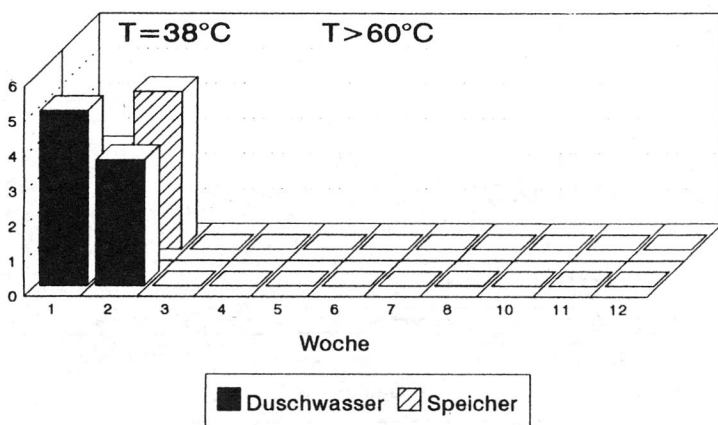


Abb. 2: Einfluß einer permanenten Temperaturerhöhung von 38 °C auf 60 ° - 65 °C in Speichern und im Zirkulationssystem des Duschwassers eines Hallenbades auf

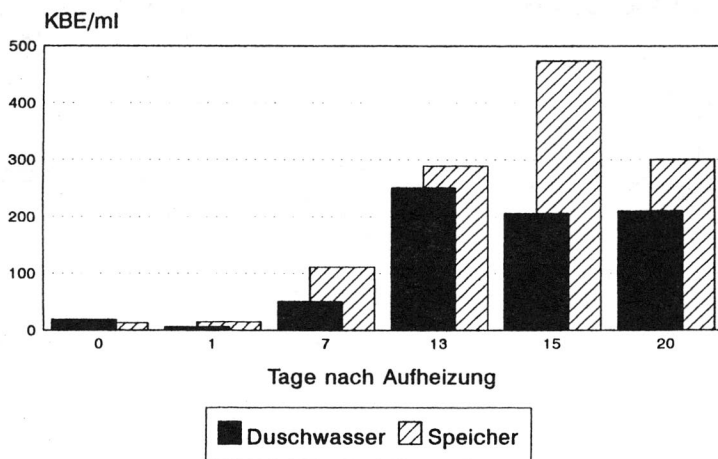


Abb. 3: Einfluß einer intermittierenden (Intervall = 14 Tage) Aufheizung des Gesamtduschwassersystems eines Hallenbades auf die Besiedlung mit Legionellen

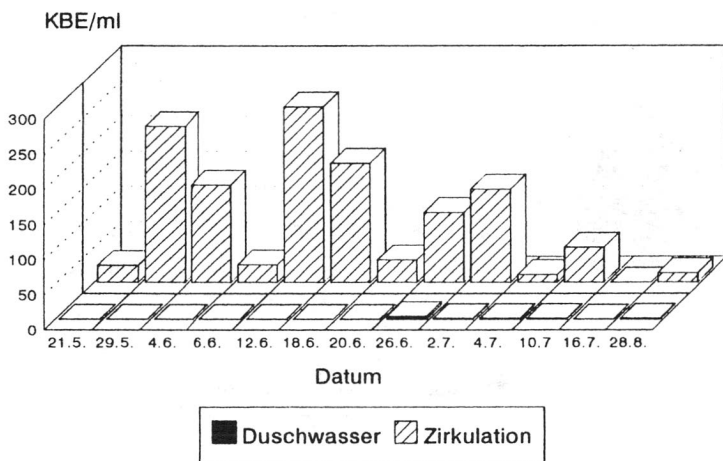


Abb. 4: Einfluß einer UV-Desinfektion des Duschwassers eines Freibades auf die Besiedlung mit Legionellen.
 Duschwasser = Proben nach der UV-Desinfektion, Zirkulation = Proben vor der UV-Desinfektion

Anmerkungen zu den Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen von Legionellen

R. Schulze-Röbbecke, M. Rödder und M. Exner

Einleitung

Seit dem Warmwassersysteme als Ausgangspunkt für sporadische und epidemische Legionella-Infektionen verantwortlich gemacht werden, hat es nicht an Versuchen gefehlt, die Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen von Legionellen dort genauer zu definieren.

Beobachtungen in natürlichen wie auch in anthropogen beeinflussten Biotopen kommen zu sehr unterschiedlichen Bewertungen der Hitzeresistenz von Legionellen. Einige Autoren bezeichnen bereits eine Temperaturerhöhung auf 60 °C als ausreichend, um Legionellen aus einem Warmwassersystem zu eliminieren [z.B. 1, 2, 3], andere geben 60 bis 70 °C an [z.B. 4, 5, 6], jedoch auch 70 °C und mehr wird als erforderliche Abtötungstemperatur genannt [z.B. 7]. Gelegentlich werden vermehrungsfähige Legionellen in Warmwassersystemen noch bei Temperaturen oberhalb von 70 °C nachgewiesen; in natürlichen heißen Quellen fanden sie FLIERMANS et al. [8] noch bei 63 °C.

Diesen Angaben stehen die Ergebnisse unterschiedlicher Autoren aus Abtötungsversuchen unter Laborbedingungen gegenüber.

MÜLLER [9] zeigte, daß L. pneumophila Serogruppen 1 bis 4 bei einer Erhitzung über 30 Minuten auf 58 °C abgetötet werden.

HERNANDEZ et al. [10] untersuchten die Absterbekinetik zweier Serogruppen von L. pneumophila sowie vier weiterer Legionella-Spezies bei zehn Temperaturstufen zwischen 40 und 70 °C. Sie kamen dabei zu dem Ergebnis, daß die thermische Abtötung von Legionellen bei ca. 50 °C beginnt und die Absterbegeschwindigkeit oberhalb dieses Wertes mit der Temperatur zunimmt. Nach ca. 15 Minuten stellte sich jedoch in fast allen Fällen ein Wert (ausgedrückt in koloniebildenden Einheiten (KBE)) ein, der während der gesamten Meßzeit von 60 Minuten nicht mehr wesentlich unterschritten wurde und dessen Niveau tiefer lag, je höher die Einwirktemperatur war. Dieses Phänomen, das sich zum Teil noch bei 70 °C nachweisen ließ, wird von den Autoren als "palier de résistance" bezeichnet und auf die physiologische Heterogenität der untersuchten Kulturen zurückgeführt. Die Autoren folgern daraus, daß bei einer Behand-

lungsdauer über 15 Minuten die Behandlungszeit kaum mehr eine Rolle spielt, sondern nur noch die Temperatur. Als Behandlungstemperatur, die 95 % der Legionellen eliminiert, bezeichnen sie Werte, die je nach Spezies zwischen 61,6 und 73,4 °C liegen.

Einen ähnlichen Versuch unternahmen DENNIS et al. [11] mit acht Legionella-Stämmen, darunter vier verschiedene Spezies. Das Absterbeverhalten dieser Stämme wurde bei 50 °C ermittelt und zeigte während der Meßzeit offenbar einen logarithmischen Verlauf. Von einer Resistenzschwelle wie bei HERNANDEZ et al. [10] ist nicht die Rede. Die Autoren geben daher die Absterbegeschwindigkeit in Form des D-Wertes an. Dieser Wert gibt die dezimale Reduktionszeit an, bzw. diejenige Zeit, bei der die koloniebildenden Einheiten einer Bakterienpopulation um eine Zehnerpotenz reduziert werden. Nach den Angaben dieser Arbeit beträgt der D-Wert von L. pneumophila bei 50 °C ca. 100 Minuten. Zusätzliche Untersuchungen an einem Stamm von L. pneumophila, Serogruppe 1, ergaben D bei 54 °C = 27 Minuten und bei 58 °C = 6 Minuten.

STOUT et al. [12] machten ähnliche Versuche mit 18 verschiedenen Legionella-Stämmen (darunter zehn verschiedene Spezies) bei 60, 70 und 80 °C. Sie kamen dabei zu dezimalen Reduktionszeiten im Bereich von wenigen Minuten bei 60 °C und von einer halben Minute bei 80 °C. Hierbei wird festgestellt, daß die Abtötung bei Temperaturen oberhalb von 50 °C sofort einsetzt. Die Autoren empfehlen aufgrund dieser Befunde zur Vermeidung einer Legionellen-Kontamination eine Erhitzung des Warmwassers innerhalb von Warmwasserspeichern auf 60 °C.

Die vier besprochenen experimentellen Arbeiten zur Hitzeabtötung von Legionellen befassen sich mit Stämmen, die auf künstlichen Nährmedien vermehrt und anschließend in Wasser suspendiert wurden. Es ist jedoch der Verdacht geäußert worden, daß in Warmwassersystemen vorkommende natürliche Legionellen eine größere Hitzetoleranz besitzen, als künstlich auf Nährmedien angezüchtete Legionellen. Sie müßten sich folglich durch entsprechend höhere Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen auszeichnen.

In Arbeiten von WADOWSKY et al. [13] sowie YEE et al. [14] werden Bedingungen beschrieben, unter denen sich Legionellen in quasi natürlicher Umgebung in Wasser ohne Zusatz von Nährstoffen zusammen mit einer bakteriellen Begleitflora über längere Zeiträume vermehren lassen. Als Vermehrungstemperatur wird hier der Bereich von 25 bis 42 °C angegeben; bereits oberhalb von 42 °C setzte dort der Absterbeprozess ein.

In diesen Arbeiten sind somit bereits Aussagen über die Vermehrungstemperatur und Wärmeempfindlichkeit natürlich vorkommender Legionellen enthalten. Ausgehend von der dort geschilderten Anzüchtungsmethodik soll im folgenden von einem Versuch berichtet werden, das Vermehrungs- und Absterbeverhalten natürlich vorkommender Legionellen bei unterschiedlichen Temperaturen einer eingehenderen Betrachtung zu unterziehen.

Material und Methode

Als Ausgangsmaterial diente eine Dauerkultur, die in Trinkwasser ohne Zusatz von Nährstoffen neben Legionellen eine qualitativ nicht näher definierte bakterielle Begleitflora enthält. Entnommen wurde diese Mischkultur aus einem Warmwassersystem, welches Legionellen in einer Konzentration von ca. 10^2 KBE/ml enthält. In einer Glasflasche vermehrten sich die Legionellen dieser Mischkultur bei einer Inkubationstemperatur von 37 °C anfangs innerhalb von ca. 3 Wochen bis zu einer Konzentration von ca. 10^4 KBE/ml. Die mittels Ausspateln auf "Standard Platecount Agar (SPC)" nachweisbare Begleitflora vermehrte sich in der gleichen Zeit bis zu einer Konzentration von 7×10^6 KBE/ml. Kurz nach Erreichen der Stagnationsphase und anschließend jeweils in der späten exponentiellen Vermehrungsphase wurden 90 % der Suspension durch autoklaviertes Trinkwasser aus demselben Warmwassersystem ersetzt. Auf diese Weise ließ sich, gemessen an der makroskopisch sichtbaren Koloniemorphologie, eine sowohl qualitativ als auch quantitativ relativ konstante Legionellen-haltige Mischkultur über lange Zeiträume erhalten.

Der Gehalt des zugeführten Trinkwassers lag während des Versuches bei 1,5 mg/l gelöstem organischen Kohlenstoff, die Konzentration des gelösten Eisens bei 0,7 mg/l und die Gesamteisen-Konzentration bei 7,0 mg/l.

Durch langsame Steigerung der Inkubationstemperatur um 1 °C pro Tag wurden die Vermehrungstemperaturen sowie die minimale Abtötungstemperatur der Legionellen innerhalb der Mischpopulation bestimmt.

Die Absterbekinetik der Legionellen bei verschiedenen Temperaturen ließ sich durch Bestimmung der KBE-Konzentration zu genau festgelegten Zeitpunkten ermitteln. Hierzu wurden möglichst kleine Volumina der Suspension in möglichst kurzer Zeit auf die jeweilige Temperatur erhitzt; die Entnahme der Proben zur KBE-Bestimmung im doppelten Ansatz begann bei Erreichen der Behandlungstemperaturen von 55°, 57,5° und 60 °C.

Als Legionellen wurden nur Bakterien bezeichnet, die auf Wadowsky und Yee-Medium (MWY) makroskopisch charakteristische Kolonien bildeten. Stichprobenweise wurden diese Kolonien auf ihre Katalase-Reaktion (Legionellen: positiv), auf ihre Morphologie unter dem Auflichtmikroskop (charakteristische Oberfläche, Form, Farbe, Struktur und Größe) sowie auf ihr Wachstumsverhalten auf Blutagar (Legionellen: negativ) überprüft. Ca. 60 % der auf diese Weise der Gattung *Legionella* zugeschriebenen Stichproben konnten mittels des direkten Immunfluoreszenztestes mit polyvalenten FITC-markierten anti-*Legionella*-Immunglobulinen den Serogruppen 1 bis 6 der Spezies *L. pneumophila* zugeordnet werden.

Ergebnisse

Die Vermehrungstemperaturen der Legionellen lagen unter den geschilderten Versuchsbedingungen im Temperaturbereich zwischen 25 und 43 °C. Als minimale Abtötungstemperatur mit deutlich einsetzendem Absterbeprozess ermittelten wir 50 °C.

Die Absterbekinetik der Legionellen bei 55°, 57,5° und 60 °C wird durch die Meßpunkte auf Abb. 1 charakterisiert. Bei allen drei Temperaturstufen fällt die zunehmende Steilheit im Verlauf der Absterbekurve auf. Versucht man nun, eine Gerade durch die jeweiligen Meßpunkte zu legen, um die durchschnittliche Absterbegeschwindigkeit der Legionellen bei den drei genannten Temperaturen zu bestimmen, kommt man zu Ergebnissen, wie den in Abb. 1 dargestellten Geraden und somit zu D-Werten von ca. 19 Minuten bei 55 °C, 6 Minuten bei 57,5 °C und 2 Minuten bei 60 °C. Eine Resistenzschwelle ("palier de résistance"), wie sie von HERNANDEZ et al. [10] beobachtet wurde, konnten wir auch nach 80-minütiger Meßzeit nicht feststellen.

Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse lassen nicht den Schluß einer erhöhten Hitzeresistenz natürlich vorkommender Legionellen im Vergleich zu künstlich auf Nährböden angezüchteten Legionellen zu. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Studien von DENNIS et al. [11] sowie STOUT et al. [12] läßt eher auf eine nahezu identische bis leicht verminderte Hitzeresistenz der in unserem Versuch unter quasi natürlichen Bedingungen angezüchteten Legionellen schließen.

Die Temperaturerhöhung aller wasserführenden Bereiche auf 55 und 60 °C ist somit theoretisch eine wirksame Maßnahme, Legionellen innerhalb von einigen Minuten bis wenigen Stunden aus einem kontaminierten Warmwassersystem zu eliminieren. Die Beobachtung, daß die Wirksamkeit solcher Maßnahmen in praxi meist nicht vollständig und von kurzer Dauer ist, beruht vermutlich auf der Unmöglichkeit, alle Abschnitte eines Warmwassernetzes auf die Solltemperatur zu erwärmen.

Als Schlupfwinkel, in denen die erwünschte Abtötungstemperatur nicht erreicht wird, und von denen aus nach Temperaturabsenkung jederzeit eine Rekontamination des gesamten Warmwassersystems ausgehen kann, kommen z.B. in Frage:

- Sedimentablagerungen am Boden von Warmwasserspeichern,
- Wandinkrustationen innerhalb von schlecht isolierten Leitungsrohren und
- blind endende Abschnitte des Warmwassersystems, insbesondere in Altbauten, die nicht durchgespült und somit nicht auf die gewünschte Temperatur aufgewärmt werden können.

Derartige Schlupfwinkel erklären auch den Nachweis vermehrungsfähiger Legionellen bei Wassertemperaturen um 70 °C: Werden Legionellen von dort aus in den Wasserstrom abgegeben und erreichen schon nach wenigen Sekunden den Auslaß, so reicht die Zeit der Hitzeeinwirkung für ihre vollständige Abtötung unter Umständen nicht aus, insbesondere, wenn sie zusammen mit größeren Partikeln ausgeschwemmt werden.

Die Autoren danken der Herbert-Reeck-Stiftung für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit.

Literatur

1. Fisher-Hoch, S.P., Bartlett, C.L.R., Tobin, J. et al.: Investigation and control of an outbreak of Legionnaires' disease in a district general hospital. *Lancet* 1, (1981), 932 - 936
2. Meenhorst, P.L., Cronenburg, B.J. van; Furth, R. von: de betekenis van leidingswater besmet met *Legionella pneumophila* vor het ontstaan van *Legionella* pneumonie als ziekenhuisinfectie. *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 127, (1983), 327 - 332
3. Plouffe, J.F., Webster, L.R., Hackmann, B.: Relationship between colonization of hospital buildings with *Legionella pneumophila* and hot water temperatures. *Appl. Environ. Microbiol.* 46, (1983), 769 - 770
4. Althaus, H., Bewig, F., Jung, K.D.: Untersuchungen zum Vorkommen von Legionellen im Trink- und Warmwasserbereich für den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Eschborn, Gelsenkirchen, 1985
5. Arnow, P.M., Weil, D., Para, M.F.: Prevalence and significance of *Legionella pneumophila* contamination of residential hot-tap water systems. *J. Infect. Dis.* 152, (1985), 145 - 151
6. Edelstein, P.H.: Environmental aspects of *Legionella*. *ASM News* 51, (1985), 460 - 467
7. Fisher-Hoch, S.P., Smith, M.G., Colbourne, J.S.: *Legionella pneumophila* in hospital hot water cylinders. *Lancet* 1, (1982), 1073
8. Fliermans, C.B., Cherry, W.B., Orrison, L.H. et al.: Ecological distribution of *Legionella pneumophila*. *Appl. Environ. Microbiol.* 41, (1981), 9 - 16
9. Müller, H.E.: Die Thermostabilität von *Legionella pneumophila*. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 172, (1981), 524 - 527
10. Hernandez, J.F., Delattre, J.M., Oger, C.: Thermorésistance des *Legionella*. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)* 134 B, (1983), 421 - 427
11. Dennis, P.J., Green, D., Jones, B.P.C.: A note on the temperature tolerance of *Legionella*. *J. Appl. Bacteriol.* 56, (1984), 349 - 350
12. Stout, J.E., Best, M.G., Yu, V.L.: Susceptibility of members of the family Legionellaceae to thermal stress: implications for heat eradication methods in water distribution systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 52, (1986), 396 - 399

13. Wadowsky, R.M., Woford, R., McNamara, A.M. et al.: Effect of temperature, pH, and oxygen level on the multiplication of naturally occurring *Legionella pneumophila* in potable water. *Appl. Environ. Microbiol.* 49, (1985), 1197 - 1205
14. Yee, R.B., Wadowsky, R.M.: Multiplication of *Legionella pneumophila* in unsterilized tap water. *Appl. Environ. Microbiol.* 43, (1982), 1330 - 1334

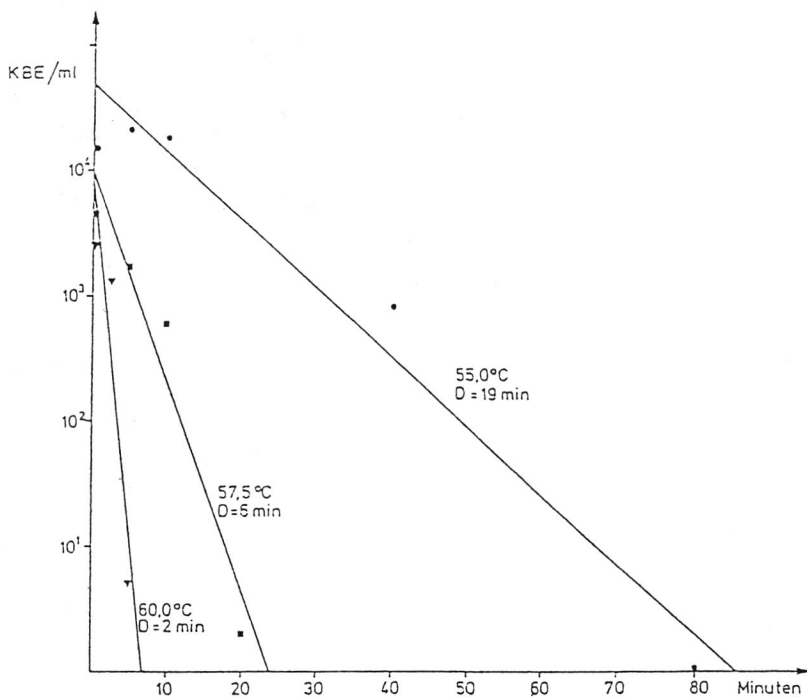


Abb. 1: Absterbegeschwindigkeit in Mischkulturen vermehrter Legionellen-Suspensionen bei unterschiedlichen Temperaturen

Verhinderung der Legionellenvermehrung bei Schwimm- und Warmsprudelbecken

U. Hässelbarth

Seit vielen Jahren bemüht man sich, bei Bau- und Betrieb von Schwimm- und Badebeckenanlagen dem Badegast ein angenehmes Beckenwasser anzubieten. Die Wünsche der Badegäste zielen auf ein angenehm warmes Wasser mit Temperaturen zwischen 27 und 32 °C, in einigen besonderen Becken bis 37 °C und auf eine möglichst geringe Belästigung durch Desinfektionsmittel. Die erforderliche Erhöhung der Temperatur des Beckenwassers wurde einerseits durch konstruktive Änderung an den wasserführenden Teilen der Schwimm- und Badebeckenanlagen, andererseits durch die Schaffung eines sparsamen Energiehaushalts einer solchen Anlage ermöglicht. Um Belästigungen durch Desinfektionsmittel deutlich spürbar herabzusetzen, konnte man jedoch nicht auf Mittel ausweichen, die vom Badegast als weniger belästigend empfunden werden, da die sich anbietenden Mittel in ihrem Anwendungsbereich keine ausreichende Desinfektionswirkung zeigten. Es war daher nötig, die Aufbereitung des Beckenwassers und die Durchströmung der Becken so zu verändern, daß die notwendige Desinfektionswirkung mit geringeren Desinfektionsmittelkapazitäten erreicht wird. Die erforderliche Konzentration an freiem Chlor konnte von 1,5 bis 2 mg/l auf 0,2 bis 0,4 mg/l im günstigsten Fall herabgesetzt werden. Die erhöhte Temperatur des Beckenwassers und die verminderte Desinfektionsmittelkapazität begünstigten Auftreten und Vermehrung von Legionellen in Schwimm- und Badebeckenwasser [1, 2, 3]. Eine drastisch herabgesetzte Temperatur 16 bis 18 °C würde das Problem der Legionellen im Schwimm- und Badebeckenwasser lösen, fände jedoch nur wenig Beifall. Es mußten also andere Wege beschritten werden.

Massenentwicklung von Legionellen in Schwimm- und Badebeckenanlagen

Nach Untersuchungen von Seidel ist Legionella pneumophila (Lp) gegenüber Chlor ebenso empfindlich wie *E. coli* [4]. Somit dürfte Lp im Beckenwasser nicht zu erwarten sein. Da Lp dazu neigt, im Schwimm- und Badebeckenwasser an größeren Aggregaten aufzutreten, vermag sie sich z.T. der Wirkung des Chlors zu entziehen. Dieser Effekt ist jedoch nicht geeignet zu erklären, daß die Konzentration an Lp im Beckenwasser 1000 bis 10 000 mal höher ist als im Füllwasser. Da unter den im Beckenwasser herrschenden

Bedingungen eine massenhafte Vermehrung von Lp sehr unwahrscheinlich ist, muß es im System des im Kreislauf geführten Beckenwassers einen Ort geben, an dem Lp sehr günstige Bedingungen für eine Massenentwicklung findet. TIEFENBRUNNER [5] wie auch SEIDEL, BARTOCHA und BOHN [1] konnten als solchen Ort das Schnellfilter identifizieren. Bei Schichthöhen von mindestens 1,20 m bietet das gekörnte Filtermaterial eine sehr große Oberfläche, über die das Wasser mit einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 2,5 cm/s, bei einer Reihe älterer Mehrschichtfilter noch mit 4 cm/s rinnt. Das Schnellfilter kommt damit in den Funktionsbereich eines sehr leistungsfähigen Bioreaktors. Auch seitens der Wasserbeschaffenheit liegen günstige Voraussetzungen für die Massenentwicklung von Lp vor. Die organische Belastung des Rohwassers, also des Ablaufs des Beckens, die im Filter bestimmungsgemäß zurückgehalten und beim Spülen aus dem Kreislauf entfernt werden soll, bewirkt einerseits eine Inaktivierung des Restgehalts an freiem Chlor andererseits ist sie eine gute Nährstoffquelle für Lp. Da der günstige Temperaturbereich für Massenentwicklungen von Lp zwischen ungefähr 25 und 45 °C liegt und die Temperatur des Beckenwassers sich mit 27 bis 37 °C innerhalb dieses Bereiches befindet, sind alle Voraussetzungen für eine Massenentwicklung gegeben. Diese werden auch wahrgenommen. Es fehlt nur die Beimpfung. Hierfür genügen die wenigen Legionellen, die mit dem Füllwasser geliefert werden. Es gibt Trinkwasserversorgungsanlagen, welche als legionellenfrei angesehen werden, obgleich man nicht sicher sein kann, daß nicht gelegentlich doch einige Legionellen enthalten sind. Man kann sich also auch in solchen Fällen nicht darauf verlassen, daß eine Beimpfung des Filters nicht eintritt. Man muß also in jedem Fall mit einer Beimpfung rechnen. Damit ist eine ständige Überwachung auf Lp ebenso erforderlich wie Maßnahmen ihre massenhafte Entwicklung zu verhindern.

Maßnahmen gegen die Massenentwicklung von Lp

Nachdem man nun weiß, unter welchen Bedingungen sich Lp im Filter der Aufbereitungsanlage vermehrt und von dort in das Beckenwasser gelangt, kann man Gegenmaßnahmen entwickeln:

- 1) Die einfachste Methode wäre, die Chlorzugabe im Filterablauf zu erhöhen. Sie ist wenig erfolversprechend, da Lp, ähnlich den Staphylokokken, das Filter in oder an größeren Aggregaten oder Klumpen verläßt und sich in dieser Form weitgehend der Wirkung des Chlors entzieht. Als Nebeneffekt würde sich der Gehalt an freiem Chlor und an Trihalogenmethanen im Beckenwasser deutlich erhöhen, was tunlichst vermieden werden sollte.
- 2) Eine gleichfalls einfache aber mit höherem Aufwand verbundene Methode wäre die Chlorung des Rohwassers. Ihm müßte dabei soviel Chlor zugesetzt werden, daß im gesamten Filterbett das Redoxpotential sehr hohe Werte annimmt und sich dementsprechend Lp wie auch andere Keime insbesondere *Pseudomonas aeruginosa* nicht mehr vermehren kann. Die Chlorzugabe müßte bei 4 bis 5 mg/l liegen, so daß im Filterablauf noch 1 bis 2 mg/l freies Chlor nachgewiesen werden können. Diese

Methode könnte eine Lösung des Problems in Schwimm- und Badebecken sein, verursacht sie nicht zwei Nebeneffekte, die verhindern sie anzuwenden:

- 2.1) Ein Zusatz von Chlor zum Rohwasser würde eine weitgehende Chlorierung der organischen Stoffe bewirken mit der Folge, daß der Flockungsprozeß zur Entfernung eben dieser Stoffe wirkungslos bleibt und die Konzentration einer Reihe gesundheitlich bedenklicher Stoffe ansteigt. Bei Zugabe gepulverter A-Kohle außer dem Flockungsmittel würde sich das Chlor an der A-Kohle reduzieren, so daß sich das gewünschte hohe Redoxpotential im Filterbett nicht einstellen kann. Diese beiden Nebeneffekte sind so gravierend, daß ein Zusatz von Chlor und im letztgenannten Fall auch von Ozon nicht ernsthaft in Erwägung gezogen werden kann.
- 3) Eine einfache aber listige Methode, die Massenentwicklung von Lp im Filterbett zu verhindern, nutzt die für diesen Mikroorganismus typische Eigenart, sich auch unter günstigen Wachstumsbedingungen nur langsam zu vermehren. Durch Abschwemmen der sich immer wieder neu bildenden Lp-Kultur auf dem Filtermaterial zu Zeiten, da noch keine Organismen an das Wasser abgegeben werden, läßt sich der Filterablauf weitgehend frei von Lp halten. Ein solches Abschwemmen läßt sich erreichen, wenn die Filter mindestens zweimal pro Woche und bei Warmsprudelbecken mit eigener Aufbereitungsanlage einmal pro Tag gespült werden und der Spülwasserstrom so stark ist, daß das Filterbett vollständig fluidisiert [6] wird und dabei eine Bettausdehnung von mindestens 10 % zeigt. MOLL und TIEFENBRUNNER [7] haben gezeigt, daß heterotrophe Keime, wie sie durch die Bestimmung der Koloniezahl nachgewiesen werden, coliforme Keime und E. coli bei verkeimten Filtern wenige Tage, nachdem sie diesen Spülmodus anwendeten, im Filterablauf nicht mehr nachweisbar waren. Untersuchungen von BARTEL, GROHMANN und SEIDEL [8] führten zu dem Ergebnis, daß dieser Spülmodus bei *Pseudomonas aeruginosa* das Ausschwemmen so stark vermindert, daß die in der Norm festgesetzten Grenzwerte im Filterablauf, also vor dem Chlorzusatz, eingehalten werden. Für Lp reicht nach BARTOCHA, BÄZ, BOHN und SEIDEL diese Maßnahme jedoch nicht aus [9]. Sie haben deshalb, in Anlehnung an ein Verfahren Massenentwicklungen von Organismen wie *Euglena* in Filtern beim Aufbereiten von Oberflächenwasser zu vermeiden, dem Spülwasser Chlor zugesetzt und in der Folge einwandfreie Filterabläufe beobachten können. Lp war in diesen nur sehr selten in 100 ml und niemals in 10 ml nachweisbar, so daß der in der Norm vorgesehene Wert für Lp im Filterablauf eingehalten werden kann. Die Chlorkonzentration im Spülwasser betrug 5 mg/l freies Chlor. Da noch keine weiteren Untersuchungen mit niedrigeren Konzentrationen durchgeführt wurden, kann nicht gesagt werden, ob sich das gleiche Ergebnis auch mit weniger Chlor erzielen ließe.

Von den genannten drei Möglichkeiten Lp daran zu hindern, sich in Schnellfiltern massenhaft zu entwickeln, ist offenbar nur dieser erweiterte Filterspülmodus geeignet, in die Praxis umgesetzt zu werden.

Vorgesehene Änderungen in der DIN 19 643 zur Verhütung massenhafter Entwicklungen von *Legionella pneumophila*

- 1) Maßnahmen gegen die massenhafte Vermehrung von Lp beschränken sich nicht auf Aufbereitungsanlagen der Warmsprudelbecken. Die Infektion mit Lp läuft über die Atmungsorgane; ein Lp-haltiges Aerosol tritt bei Lp-haltigem Beckenwasser aber nicht nur über Warmsprudelbecken sondern über allen anderen Beckenarten auf, wenn dort sogenannte "Attraktionen" oder "Features" betrieben werden. Da solche Einrichtungen mit zusätzlichen Wasserkreisläufen ggf. mit Einsaugen oder Einblasen von Luft sehr leicht überall nachträglich eingebaut werden können, sollen unterschiedslos alle Beckenwässer so weitgehend wie nötig frei von Lp sein. Hierzu wurde ein Grenzwert von "nicht nachweisbar in 10 ml" festgelegt. Soweit uns bekannt ist dies der erste Grenzwert für Lp. Der Grenzwert gilt für Rein- und Beckenwasser. Es ist jedoch zu empfehlen, Lp auch im Filterablauf zu überwachen. Durch die allgemeine Grenzwertfestlegung bedarf es keiner Fallregelungen für Warmsprudelbecken mit eigener Aufbereitungsanlage oder für Warmsprudelbecken, die mit anderen Becken (Nennbelastung größer als 50 Personen pro Stunde) eine gemeinsame Aufbereitungsanlage haben oder für Becken mit zusätzlichen Wasserkreisläufen.
- 2) Der Gehalt an freiem Chlor im Beckenwasser wird nicht erhöht. Für Warmsprudelbecken, gleichgültig, ob mit eigener oder mit anderen Beckenarten gemeinsamer Aufbereitungsanlage, gilt ein höherer Konzentrationsbereich von 0,7 bis 1,0 mg/l freies Chlor. Dieser höhere Konzentrationsbereich wurde festgelegt nicht etwa, weil Lp sonst nicht zu beherrschen wäre, sondern, weil auch mit der heute bekannten bestmöglichen Dosiertechnik die in Warmsprudelbecken auftretenden sehr starken Belastungsschwankungen nicht anders abgefangen werden können.
- 3) Das Filtermaterial ist mit seiner großen Oberfläche zwar der wesentliche Herd der Lp-Vermehrung, doch sollten andere Flächen nicht übersehen werden. Für die Becken ist seit eh und je eine periodische Reinigung der Beckenböden und Beckenwände vorgesehen. Neu eingeführt wird das Spülen von Luftleitungen und Luftkanälen in Warmsprudelbecken. Diese Maßnahme sollte auch auf luftführende insbesondere Gemische von Luft und Wasser führende Leitungen der Einrichtungen zusätzlicher Wasserkreisläufe übertragen werden. Es handelt sich hier um eine Vorsichtsmaßnahme, da zur Zeit niemand sagen kann, ob von diesen Flächen eine zusätzliche Verunreinigung des Wassers mit Lp ausgehen kann, so daß der oben genannte Grenzwert nicht eingehalten werden kann.
- 4) Um ein massenhaftes Vermehren von Lp in Filtern zu vermeiden, wird verlangt, daß die Filter bei allen Schwimm- und Badebeckenanlagen mindestens zweimal wöchentlich gespült werden, bei Warmsprudelbecken mit eigener Aufbereitungsanlage täglich nach Betriebsende. Während der Filterspülung muß das Filterbett fluidisiert sein und eine bestimmte Betaausdehnung aufweisen, die an einem Fenster im Filterbehälter beobachtet und überwacht werden kann. Das zum Filterspülen benutzte Wasser muß, soweit bis jetzt gesichert bekannt, mindestens 5 mg/l freies Chlor enthalten.

Man hofft, daß mit diesen vier Maßnahmen die Gefahren der Übertragung einer atypischen Lungenentzündung und des Pontiac-Fiebers für Badegäste und Personal der Bäder dauerhaft beseitigt werden können.

Literatur

1. Seidel, K., Bartocha, W., Bohn, H. und Fassin, U.: Legionella pneumophila in Schwimm- und Warmsprudelbecken. 40. DHGM-Tagung 2.-5. Okt. 1985, (P 105)
2. Groothuis, D. G., Havelaar, A. H. and Veenendaal, H. R.: A note on legionellas in whirlpools. J. Appl. Bacteriol. 58, (1985), 479 - 482
3. Tiefenbrunner, F. und Heufler, Ch.: Eintrag und Elimination von Mikroorganismen in Wassersprudelbecken (Hot Wirl Pool). Arch. Badew. 36, (1983), 138 - 141
4. Seidel, K., Lopez Pila, J. M. and Grohmann, A.: Disinfection Capability in Water for Swimming and Bathing Pools: A Simple Method for their Evaluation in Practice. Wat. Sci. Tech. 24, (1991), 359 - 362
5. Tiefenbrunner, F., Jenewein, I. und Haller, Th.: Erste Untersuchungen zur hygienischen Betriebsführung von Warmsprudelbecken (Hot Whirl Pools). Arch. Badew. 32, (1979), 286 - 290
6. Moll, H. G.: Die Ermittlung der hinreichenden Rückspülgeschwindigkeit für Sand- und Kiesfilter GWF - Wasser/Abwasser 119, (1979), 103
7. Moll, H. G., Tiefenbrunner, F. und Golderer, G.: Ursachen starker Verkeimung im Ablauf von Filtern in Badewasseraufbereitungsanlagen. Forum Städtehygiene 38, (1987), 106 - 112
8. Bartel, H., Grohmann, A. und Seidel, K.: Bewertung der Aufbereitung von Warmsprudelbecken nach dem Stand der Technik. Arch. Badew. 40, (1987), 277 - 288
9. Bartocha, W., Bätz, G., Bohn, H. und Seidel, K.: Bakteriologische Untersuchungen von stark belastetem Schwimm- und Badebeckenwasser (Whirl Pool). Schr.-Reihe Verein WaBoLu, Gustav Fischer Verlag Stuttgart 83, (1990), 171 - 200

Legionellen in zahnärztlichen Behandlungseinheiten

M. Borneff

1. Einleitung

Mit den Untersuchungen von RIETHE [36] sowie GRÜN u. CROTT [21, 22] wurde unmittelbar nach der Einführung moderner zahnärztlicher Behandlungseinheiten mit Kühl- und Spraysystemen erkennbar, daß dieser in klinischer Hinsicht unbestreitbare Fortschritt mit erheblichen Hygieneproblemen verbunden ist. Die Autoren konnten zeigen, daß es im Inneren des Schlauchsystems von Dentalturbinen zu einer starken Anreicherung von vorwiegend gramnegativen Keimen kommen kann. Die damals teilweise noch im Einsatz befindlichen, mit Aqua dest. zu füllenden, fahrbaren Turbinentanks [23, 38] wiesen eine ebenso hohe Keimbesiedlung (10^5 KBE/ml) auf, wie die heute üblichen, an das Trinkwassersystem angeschlossenen Einheiten. Die Abklärung der Genese dieser Kontamination in Form einer systematischen Untersuchung eines möglichen ursächlichen Zusammenhangs zwischen Wasserqualität und Keimgehalt des Kühleis erfolgte damals jedoch noch nicht.

Die für Patienten und Behandler durch den Bohrabrieb bei Anwendung hochoberer Bohr- und Schleifgeräte - auch ohne Wasserkühlung - entstehende Belastung war zuvor bereits aus klinischer Sicht beschrieben worden [1, 4, 27, 30]. Durch den Einsatz von Kühlgeräten entsteht ein Aerosol, welches nicht nur zur Ausbreitung von Keimen aus dem Patientenmund, sondern auch zum Versprühen der aus den wasserführenden Schläuchen stammenden Flora und damit zu einer zusätzlichen Gefährdung von Patienten und Behandlungsteam führt [3, 13, 16, 26, 28, 49]. Neuerdings bestätigte auch die Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie [11], daß in zahnärztlichen Einheiten mit einer Kontamination des Betriebswassers zu rechnen ist und daß Maßnahmen erforderlich sind, um diese zu reduzieren [vgl. a. 17, 39, 41, 42].

Ziel unserer Untersuchungen war es, auf der Basis vorhandener Erkenntnisse sowie eigener Experimente zu einer Diagnose der aktuellen Risikosituation bezüglich zahnärztlicher Behandlungseinheiten zu kommen. Mit Hilfe hygienisch-mikrobiologischer Nachweismethoden wurde zunächst der Kontaminationsgrad von Behandlungseinheiten und Einrichtungen in 20 zahnärztlichen Allgemeinpraxen im zeitlichen Längsschnitt über 10 Wochen ermittelt [5].

Aufgrund der hierbei gewonnenen Erkenntnisse mußte das Betriebswasser der Behandlungseinheiten als ein wesentlicher Risikofaktor der zahnärztlichen Arbeitssituation angesehen werden; es fand dabei nicht nur die aus der Literatur bekannte Tendenz zur Anreicherung von Pseudomonaden und weiterer fakultativ pathogener Keimarten Bestätigung, vielmehr wurden auch neue Infektionsrisiken durch den Nachweis von Legionellen im Betriebswasser einzelner Einheiten erkannt.

Da zwischenzeitlich Legionellen in zahnärztlichen Behandlungseinheiten auch durch andere Untersucher nachgewiesen wurden [24, 32, 35] und somit davon auszugehen war, daß es sich nicht um ein regional begrenztes Problem handelt, fügten wir eine zweite Untersuchungsphase mit dem Ziel einer weitergehenden Differenzierung der Legionellenbefunde im zeitlichen Längsschnitt an.

2. Eigene Untersuchungen

Aufgrund der hohen Aktualität der Legionellenproblematik - es erschienen in jüngster Zeit zahlreiche Publikationen über Erkrankungsfälle in Verbindung mit Krankenhäusern, öffentlichen Gebäuden und Einrichtungen, vereinzelt auch mit privaten Gebäuden [14, 47, 48 u.a.] - befaßten wir uns in der im folgenden zu beschreibenden, zweiten Untersuchungsphase mit denjenigen Zahnarztpraxen, in denen zuvor der Nachweis von Legionellen im Betriebswasser der Behandlungseinheiten geführt werden konnte.

Folgende Befunde und Überlegungen bestimmten dabei unser Vorgehen:

(1) Nach den Ergebnissen der ersten Untersuchungsphase konnte sowohl auf die Bestimmung der Koloniezahl bei 20 ± 2 °C und 36 ± 1 °C, als auch solcher Zielkeime, die nur in unwesentlichem Umfang nachgewiesen wurden, zugunsten einer erweiterten Legionellendiagnostik verzichtet werden. Dies beinhaltete ein verändertes Probenentnahmeschema das dem Temperaturfaktor und seinem Einfluß auf die Legionellenpopulation des Wasser [45] und deren besonderer Relevanz in versprühtem Wasser Rechnung tragen konnte; darüber hinaus sollte der Entnahmehodus ermöglichen, Auswirkungen von Stagnationsperioden zu erfassen [25, 37].

(2) Aufgrund der in der Literatur beschriebenen Korrelation zwischen Vorkommen von Legionellen und Amöben im Sinne einer Gemeinschaft im aquatischen Biotop [24] erfolgten im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit protozoologische Untersuchungen auf das Vorkommen von freilebenden Amöben [31].

(3) Im Zusammenhang mit den Arbeiten von STOUT et al. [44], die über eine Abhängigkeit der Legionellenpopulation von der begleitenden Flora berichten, wurde die Bestimmung von Keimen der Gattung *Pseudomonas* sowie coliformer Keime mit entsprechendem methodischen Vorgehen beibehalten, da diese im Rahmen der Untersuchungsphase I den höchsten Anteil der Begleitflora darstellten.

(4) Der von STATES et al. [43] beschriebene Zusammenhang zwischen einer Metallbelastung des Wassers und Legionellenvorkommen veranlaßte uns, den Kupfer-, Zink- und Eisengehalt der Wässer ebenfalls im Längsschnitt zu bestimmen; außerdem wurden

die physikalisch-chemischen Kenngrößen (Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Oxidierbarkeit, Gesamthärte) ermittelt.

2.1 Stichprobe und Methode

In 7 zahnärztlichen Allgemeinpraxen entnahmen wir aus 20 Behandlungseinheiten je 2 Wasserproben an 10 Meßzeitpunkten (= 400 Proben). Außerdem wurden in den Praxen pro Meßzeitpunkt zusätzlich Proben des Trinkwassers (n = 280 Proben) sowie Wasserproben vor und nach ggf. vorhandenen Aufbereitungsanlagen (n = 40) gezogen. Die Entnahme erfolgte jeweils vor Praxisbeginn, alternierend montags, dienstags und mittwochs über einen Zeitraum von 10 Wochen.

Nach Entfernung der Handstücke wurden die wasserführenden Bedienungselemente in Betrieb gesetzt. Das aus Turbine, Mikromotor und Cavitron austretende Wasser wurde als "zu versprühendes Wasser" in einer Probe (= Probe a), das Wasser aus den Mehrfachfunktionsspritzen für Zahnarzt und Helferin sowie eine Mundglasfüllung als "nicht zu versprühendes Wasser" in einer zweiten Probe (= Probe b) gesammelt. An sämtlichen Entnahmestellen erfolgte einmalig die Messung von Wasserdurchfluß und -temperatur. Außerdem wurden zu den gleichen Meßzeitpunkten - unter regelmäßiger Registrierung der Temperatur - Trinkwasserproben, d.h. Kalt- und Warmwasser sowohl direkt (= Probe 1) als auch nach fünfminütigem Abfließen (= Probe 2) in den Praxisräumen gezogen.

2.1.1 Mikrobiologische Diagnostik

2.1.1.1 Untersuchung auf Legionellen

Jeweils 100 ml Wasser wurden über Polycarbonat-Filter (Nr. 111206, 0,2 µm Porenweite, Reichelt Chemietechnik, Heidelberg) filtriert, das Filter in 1 ml Phosphatpuffer (pH 7,2) verbracht und für 30 s einer Beschallung (Sonorex RK 255, Bandelin, Aschaffenburg) unterzogen. 0,1 ml bzw. 0,01 ml dieser Lösung wurden anschließend auf MWY-Agar (Legionella CYE Agar Base CM 655, Legionella BCYE α Growth Supplement SR 110, Legionella MWY-Selective Supplement SR 118, Oxoid, Wesel) bebrütet [12]. Der Rest des Probenmaterials wurde 30 min bei 50 °C im Wasser inkubiert und wiederum auf MWY-Agar ausgespatelt (vgl. [19]). Die Bebrütung erfolgte stets 10 Tage bei 35 °C, 90 % Luftfeuchte und 2,5 % CO₂-Bespannung. Nach Ausschußdiagnostik durch Parallel-Anzüchtung auf Blutagar und BCYE-Agar (ohne Antibiotikazusatz) wurde eine serologische Differenzierung mit Hilfe der Agglutination durchgeführt (vgl. [20]).

2.1.1.2 Nachweis von Pseudomonaden und coliformen Keimen

Wassermengen von 0,1 - 100 ml wurden über Membranfilter (0,45 µm Porenweite, Nr. 10405862, S & S, Dassel) gegeben, die wir auf Endo-Agar (BBL 11199, Becton u. Dickinson, Heidelberg) und Cetrimid-Agar (Nr. 5284, Merck, Darmstadt) bebrüteten. Nach Isolierung von Einzelkolonien wurde die Differenzierung mit Hilfe miniaturisierter Systeme durchgeführt: api 20 E und api 20 NE (bio - Mérieux, Nürtingen).

Zur Erfassung vorgeschädigter Keime wurden parallel Titerreihen mit Laktosebouillon (Nr. 7661 Merck, Darmstadt), Malachitgrün (Nr. 10995, Chroma Gesellschaft, Stuttgart) in Caseinpepton-Sojamehlpepton-Bouillon (CM 129, Oxoid, Wesel) angelegt.

2.1.1.3 Nachweis von freilebenden Amöben

Aus Kapazitätsgründen mußte sich die Untersuchung auf das Vorkommen von Amöben auf eine Probe pro Behandlungseinheit und Meßzeitpunkt beschränken.

Je 100 ml Wasser einer Sammelprobe (= Probe a + b) aus "zu versprühendem" (= Probe a) und "nicht zu versprühendem" (= Probe b) Wasser wurde über Membranfilter (Sartorius SM 11497 Porenweite 0,2 µm) filtriert; diese legten wir mit der Oberseite nach unten auf Non-Nutrient-Agar [33], der zuvor mit *Enterobacter cloacae* bestrichen worden war. Die Inkubation der Platten erfolgte bei 30 °C. Die Filter wurden nach 48 h abgezogen und die Platten über 21 Tage mikroskopisch untersucht. Zur Identifizierung der isolierten Naeglerien wurden diese einem Amöben-Flagellaten-Transformations- und einem Temperaturleranztest bei 42 °C unterzogen. Isolierte *Protacanthamoeba*-Stämme testeten wir bei 40 °C auf Vermehrungsfähigkeit. Eine Amöbenvermehrung nach 48 h wurde semiquantitativ in drei Stufen (+ bis +++) angegeben. Die Verarbeitung der Trinkwasserproben erfolgte nach dem gleichen Schema; aufgrund der Angaben von GRIFFIN [18] beschränkten wir uns allerdings im Hinblick auf eine zu erwartende höhere Isolierungsrate auf die Verarbeitung der Warmwasserproben.

2.1.2 Bestimmung chemischer und physikalisch-technischer Parameter

Entsprechend dem vorgenannten Entnahmeschema wurden pro Meßzeitpunkt Proben zur chemischen Wasseruntersuchung nach der Trinkwasserverordnung [9] gezogen; unter anderem erfolgte eine Bestimmung der Spurenmetalle Kupfer und Zink. Die Analytik wurde nach den Deutschen Einheitsverfahren [2] vorgenommen. An physikalischen Parametern wurden jeweils die Wasserdurchflusssmengen und -temperaturen bestimmt.

2.2 Ergebnisse

2.2.1 Mikrobiologische Befunde

Als Gesamtergebnis der in 7 Praxen an 20 Behandlungseinheiten über 10 Wochen vorgenommenen Untersuchungen erhielten wir folgende Resultate:

Im Wasser der Behandlungseinheiten wurden in 77 % der Proben Legionellen nachgewiesen, Pseudomonaden ließen sich aus 60 % der Proben isolieren, coliforme Keime stellten einen Anteil von 21 % dar; die protozoologischen Untersuchungen führten in 96 % der Proben zum Nachweis von Amöben. Die Aufschlüsselung von "zu versprühendem" und "nicht zu versprühendem Wasser" ergab keine wesentliche anteilige Verschiebung des Keimspektrums.

Bei der Untersuchung des Trinkwassers wurden in 39 % der Proben Legionellen nachgewiesen; Pseudomonaden konnten bei 16 % der Proben isoliert werden, coliforme Keime in 8 %, der Nachweis von Amöben gelang in 25 % der Proben.

Die in den 7 Praxen nachgewiesenen Legionellenarten sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

In der ersten Untersuchungsstufe [5] wurden in sämtlichen Einheiten der in der Stichprobe enthaltenen Praxen verschiedene Pseudomonasarten, coliforme Keime sowie vereinzelt andere Mikroorganismen (z.B. *Candida*) registriert. Im Rahmen der zweiten Untersuchungsstufe konnten die Ergebnisse unter quantitativen und qualitativen Aspekten insofern bestätigt werden, als der primär für jede Behandlungseinheit diagnostizierte Verlaufstyp der Kontamination auch nach einem Jahr in seiner Gerätespezifität weiterhin gegeben war.

Das Auftreten von Pseudomonaden und "Coliformen" stellte sich weitgehend unabhängig von der jeweiligen Trinkwassersituation dar. Selbst der Umzug einer Praxis (Nr. 15) in einen anderen Stadtteil führte zu keiner wesentlichen Veränderung des Auftretens von Pseudomonaden im Wasser der Behandlungseinheiten, und dies obwohl das eingespeiste Trinkwasser in quantitativer und qualitativer Hinsicht eine gegenüber dem früheren Standort abweichende Kontamination aufwies.

Das Gesamtergebnis der Untersuchung auf das Vorkommen von freilebenden Amöben [31] ist der Tab. 2 zu entnehmen. 191 von 199 untersuchten Wasserproben aus den Behandlungseinheiten (= 96 %) enthielten eine oder mehrere, teilweise bis zu 6 Amöbenarten. Unter diesen wurden 14mal Naeglerien nachgewiesen, die sich jedoch nicht oberhalb von 40 °C vermehrten und daher sämtlich dem *N. gruberi*-Komplex, der nur harmlose Stämme enthält, zuzurechnen sind. *Acanthamoeben*, aber auch andere Protozoen wurden nicht beobachtet.

In den Trinkwasserproben der 7 Praxen (Tab. 3) - wir untersuchten hier aus Kapazitätsgründen lediglich Warmwasserproben - waren weniger Amöben nachweisbar als im Betriebswasser der Behandlungseinheiten. Insgesamt wurden in 44 von 177 kontrollierten Proben (= 24,9 %) Amöben ermittelt. In einer Probe der Praxis 11 ließen sich Amöben der den *Acanthamoeben* nahestehenden Gattung *Protacanthamoeba* isolieren. Obwohl nicht thermophil, wurde der Stamm einem Pathogenitätstest an Mäusen

durch intranasale Instillation von 40.000 Trophozoiten unterzogen, der jedoch keine Krankheitserscheinungen bei den infizierten Tieren zur Folge hatte.

Da die Darstellung von Einzelergebnissen im Rahmen dieser Veröffentlichung nicht möglich ist, erfolgt exemplarisch die Beschreibung einer Praxis; eine detaillierte Ausführung findet sich bei BORNEFF [6].

Praxis Nr. 15 hatte zu Beginn der Untersuchung ihren Standort im Stadtkern; zwischen der 5. und 6. Untersuchungswoche erfolgte dann ein Umzug an den Stadtrand. Hierdurch ergab sich die Möglichkeit, die Betriebssituation bei Anschluß an zwei verschiedene Trinkwasserversorgungsanlagen zu kontrollieren. Zwei der insgesamt drei Behandlungseinheiten stammten hinsichtlich Behandlungsstuhl und Bedienungselementen zwar jeweils aus einer Modellreihe (Baujahr 1977), jedoch von zwei verschiedenen Herstellern, die dritte Einheit dagegen in allen Teilen vom gleichen Hersteller wie auch die übrigen Behandlungsstühle. Hinsichtlich der Nutzungshäufigkeit und -art waren in dieser Praxis keine wesentlichen Unterschiede zu verzeichnen. Die Warmwasser-Aufbereitung erfolgte am ersten und am zweiten Standort dezentral mit 5 l-Boilern.

Aus den Wasserproben isolierten wir überwiegend L.jamestowniensis; dieses Spezies war bereits im Rahmen der ersten Untersuchungsstufe festgestellt worden. Der Nachweis erfolgte am ersten Standort (Stadtmitte) regelmäßig im Wasser der Einheiten (Abb. 1) mit Keimzahlen von $>10^2$ - $>10^4$ KBE/100 ml. Nach dem Umzug zwischen der 5. und 6. Untersuchungswoche an den Stadtrand wurde L.jamestowniensis weiterhin im Wasser sämtlicher Einheiten - wenn auch in geringeren Keimzahlen - nachgewiesen; ferner isolierten wir L.pneumophila Sg. 1 Typ A15 und wie auch in der ersten Untersuchungsstufe L.pneumophila Sg. 10.

Aus den Trinkwasserproben (Abb.2) des ersten Standortes wurde L.jamestowniensis im direkt entnommenen, kalten Trinkwasser im Keimzahlbereich vom 10^1 - 10^4 KBE/100 ml ermittelt, im Warmwasser ohne Ablauf allerdings nur sporadisch im Keimzahlbereich von 10^1 - 10^2 KBE/100 ml und nach 5 min Ablauf mit 10^1 - 10^3 KBE/100 ml. Der Standortwechsel hatte insofern eine wesentliche Veränderung der Trinkwasserbefunde zur Folge, als positive Befunde (L.jamestowniensis) nur noch im Warmwasser zu zwei Meßzeitpunkten erhalten wurden. Eine Erklärung hierfür könnte in der Tatsache zu sehen sein, daß die am 2. Standort installierten Warmwasserboiler aus der früheren Praxis stammten und die Befunde eine Restkontamination des 1. Standortes darstellen.

In den zusätzlichen vor und nach der Enthärtungsanlage dieser Praxis entnommenen Proben fanden wir zu den gleichen Meßzeitpunkten wie im kalten Trinkwasser L.jamestowniensis, allerdings in wesentlich geringeren Keimzahlen (10^1 - 10^3 KBE/100 ml).

Im Rahmen der protozoologischen Untersuchungen (Abb. 3) wurden vor und nach dem Umzug aus dem Zentrum an die Peripherie der Stadt wiederholt Naeglerien nachgewiesen, verbunden mit z.T. sehr hohen Besiedlungsdichten. Im warmen Wasser und aus der Enthärtungsanlage ließen sich lediglich geringe Amöben-Dichten feststellen.

Die Ergebnisse zeigen, daß es offensichtlich innerhalb der Behandlungseinheiten zu einer Ansiedlung von Amöben kommt, vergleichbar mit derjenigen von Legionellen.

2.2.2 Chemische und technisch-physikalische Analysenergebnisse

Die Ergebnisse der chemisch-physikalischen Parameter waren insgesamt nicht zu beanstanden; auch die zusätzlich bestimmten Spurenmetalle Kupfer, Zink und Eisen lagen noch unterhalb der Richtwerte der Trinkwasserverordnung. Die Tab. 4 weist den Durchschnitt der über 10 Wochen im Längsschnitt ermittelten Werte von Betriebs- und Trinkwasserproben der exemplarischen Praxis aus. Die Temperatur zeigte gerätespezifisch unterschiedliche Werte im Wasser der Einheiten.

Im Trinkwasser der 7 Praxen wurden in Abhängigkeit von der Warmwasseraufbereitung unterschiedliche Werte im Bereich zwischen 20 - 70 °C registriert. In Verbindung mit den zuvor demonstrierten Legionellenbefunden bleibt festzuhalten, daß bei Erwärmung des Trinkwassers nicht notwendigerweise dieselben quantitativen Kontaminationsverhältnisse entstehen wie in den Einheiten.

2.2.3 Überprüfung spezifischer Hypothesen

Auf dem Hintergrund der dargestellten Abhängigkeiten und bei Berücksichtigung der in der Literatur berichteten Daten, ist eine Vielzahl von Hypothesen ableitbar; an spezifischen Hypothesen wurden überprüft:

Das Vorkommen von Legionellen steigt mit

1. dem Metallgehalt des Wassers,
2. der Begleitflora (in unserem Fall Keime der Gattung *Pseudomonas*), und
3. dem Vorkommen von freilebenden Amöben.

Bis auf die letztgenannte Hypothese konnten alle falsifiziert werden. Die Auswertung belegt, daß hinsichtlich der Legionellen- und Amöbenbefunde zumindest bei den im Trinkwasser erhobenen Daten, eine Abhängigkeit erkennbar ist, d.h. daß die Hypothese über den positiven Zusammenhang des Auftretens von Legionellen und Amöben in signifikanter Form bestätigt werden konnte. Diese Tendenz ließ sich allerdings hinsichtlich der Behandlungseinheiten nicht verifizieren, was mindestens indirekt als Beleg für die vielfältigen Interdependenzen der eingangs angeführten Einflußgrößen gewertet werden kann.

3. Diskussion

Die Untersuchung des Betriebswassers von 20 zahnärztlichen Behandlungseinheiten führte zum Nachweis von Legionellen in 77 % der Proben (12 verschiedene Spezies, bis zu 4 pro Praxis). *Pseudomonaden* fanden sich in 60 % der Proben, coliforme Keime dagegen nur in 21 %. In 96 % der Fälle wurden Amöben (*Naeglerien* und *Protacanthamöben*) isoliert. Mit Hilfe der parallel durchgeführten Untersuchung der Trinkwässer der Praxen konnte belegt werden, daß die praxisspezifische Legionellen- und Amöbenpopulation, nicht dagegen diejenige der *Pseudomonaden* und "Coliformen",

in unmittelbarem Zusammenhang mit der standortspezifischen Wasserversorgung zu sehen ist. Die in den Trinkwässern diagnostizierte Amöbenkontamination stand darüber hinaus in direktem positivem Zusammenhang mit den jeweiligen Legionellenbefunden; für die aus dem Betriebswasser der Behandlungseinheiten stammenden Proben konnte dies nicht bestätigt werden; gleiches gilt für die übrigen bakteriologischen und chemisch-physikalischen Parameter der Wasserqualität. Die Ergebnisse aus den Behandlungseinheiten weisen somit auf zusätzliche, über diejenigen innerhalb der Trinkwasserversorgung hinausgehende Wechselwirkungsprozesse hin.

Unser diesbezügliches Erklärungsmodell [vgl. 6] geht von der Interaktion verschiedener Einflußfaktoren, wie z.B. Materialbeschaffenheit der Schlauchsysteme und anderer Bauteile, Trinkwasserqualität und deren Beeinflussung durch Zusatzinstallationen, aus. Gleichzeitig müssen mögliche Nahrungsquellen für eine Legionellenanreicherung Berücksichtigung finden, wie z.B. die Begleitflora oder deren Zerfallsprodukte. Die in einer Dentaleinheit gegebenen mesophilen Temperaturen sind ebenso als Risikofaktoren anzusehen, wie eine geringe Strömungsgeschwindigkeit bzw. Stagnationsphasen der Wassersäule in den betreffenden Rohr- und Schlauchmaterialien.

Die Entwicklung von Dekontaminationsverfahren für zahnärztliche Behandlungseinheiten hat dieses Bedingungsgefüge zu berücksichtigen, da monokausale Ansätze - wie dies Sanierungsversuche vor allem im Krankenhausbereich beweisen - keinen Erfolg von Dauer bringen können. Mit Hilfe chemischer Desinfektionsverfahren ist das Problem offenbar nicht zu bewältigen. Vorliegende Untersuchungsergebnisse mit entsprechenden kommerziellen Verfahren belegen zumindest eine kurzfristig eintretende Wiederverkeimung derartiger Systeme. Dies gilt u.a. für die Anwendung von den in der Trinkwasseraufbereitung üblichen Methoden (z.B. Chlor, Silber [vgl. 7]), als auch den Zusatz von Oxidationsmitteln wie z.B. Peressigsäure oder Ozon [10, 15, 50]. Nach jüngsten Erfahrungen in Schwimmbädern könnten vielleicht chlordioxidabspaltende Lösungen einen Erfolg versprechen. Außerdem werden physikalische Methoden wie z.B. Filtration [34, 39] oder UV-Bestrahlung [46] diskutiert. Keines dieser Verfahren hat sich bisher für den Dauerbetrieb durchsetzen können.

Es müssen auf jeden Fall eine Reihe material- und gerätetechnischer Zusatzbedingungen erfüllt werden. Neben einer technischen Aufgabenstellung an den Gerätehersteller ist aber auch die Pflicht der Wasserversorgungen zu sehen, primär ein "legionellen- und amöbenfreies" Wasser zur Verfügung zu stellen.

Ziel der Bemühungen sollte daher sein: Verhinderung der primären Trinkwasserkontamination, Konservierung des Wassers unter besonderer Berücksichtigung spezifischer Zusatzbedingungen der Legionellenvermehrung, wie z.B. Stagnationsphasen, Temperatur- und Materialbedingungen. Mit fortschreitender Erkenntnis auf der Basis einer Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlicher Hygiene und Technik müßte es dann möglich sein, entsprechende Verfahren zu entwickeln und für die Alltagsrealität der Zahnarztpraxis nutzbar zu machen.

Nach dem derzeitigen Stand der Gerätetechnik ist ein Infektionsrisiko über legionellenkontaminiertes Aerosol aus Behandlungseinheiten nicht auszuschließen. Angesichts der gegebenen Dauer der Exposition dürften in erster Linie der Zahnarzt und seine Mitarbeiter einer Gefährdung unterliegen - verschiedene Autoren konnten

tatsächlich einen von der Expositionsdauer abhängigen Legionellentiter bei zahnärztlichem Klinikpersonal feststellen [32, 35 u.a.]. In unserer Stichprobe war dies jedoch nicht der Fall. Es muß darüber hinaus aber der immungeschwächte Patient in eine Risikoabwägung miteinbezogen werden, da aufgrund vorliegender Kasuistiken aus häuslichen oder nosokomialen Infektionssituationen selbst bei kurzdauernder Exposition ein Erkrankungsrisiko in Rechnung zu stellen ist.

Für die tägliche Arbeitssituation sind derzeit folgende Maßnahmen zu empfehlen:

- die Warmwasseraufbereitung sollte dezentral in der Praxis erfolgen (kurze Rohrleitungen vom Wasssererwärmer zur Zapfstelle [29]),
- im Dauerbetrieb sollten keine Temperaturen unter 60 °C innerhalb der Einheit entstehen [8],
- nichtmetallische Werkstoffe (Gummidichtungen und Materialien auf Kunststoffbasis) sollten weitgehend vermieden werden,
- Mikromotoren und Turbine sowie alle übrigen Ausgänge der Einheit sind nach Möglichkeit mit hohem Wasserdurchlauf zu betreiben,
- Gesichtsschutz ist bei Aerosolbildung während des Betriebes der Einheit unbedingt anzulegen,
- regelmäßige Wartung und Reinigungsarbeiten sind für Ionenaustauscher-Anlagen erforderlich.

Bei der Entwicklung von Dekontaminationssystemen sollte eine Verfahrenskombination angestrebt werden, die folgende Teilaspekte beinhaltet:

- Dekontaminationen im zuführenden Leitungssystem,
- Verwendung weitgehend besiedlungsresistenter Kunststoffmaterialien innerhalb der Einheiten,
- Einsatz von chemischen Desinfektionsverfahren mit Nachwirkung im Schlauchsystem.

Die Wirksamkeit des Vorgehens könnte an den Koloniezahlen entsprechend den Anforderungen an andere Medizingeräte, z.B. Dialyseanlagen [40], gemessen werden. 100 KBE/ml sind als zulässige Höchstkonzentration zu betrachten, zusätzlich dürfen fakultativ pathogene und pathogene Keime, d.h. "Coliforme", E.coli, P. aeruginosa oder Legionellen in 100 ml Betriebswasser nicht enthalten sein. Zur Durchsetzung derartiger Richtwerte bedarf es allerdings gesetzlicher bzw. normativer Regelungen, um die bislang noch nicht ausreichenden Bemühungen um Prophylaxestrategien von seiten der Hersteller zahnärztlicher Behandlungseinheiten zu intensivieren.

Herren Dr. D.G. Groothuis, Gen. Inspect. Health Protection, Min. of Welfare, Public and Cult. Affairs, Rijswijk, NL und Herrn Dr. Michel, Ernst Rodenwaldt-Institut, Koblenz, danke ich für die Unterstützung bei der Legionellen- und Amöbendiagnostik.

Zusammenfassung

Die Längsschnittuntersuchung zum Vorkommen von Legionellen in der Zahnarztpraxis erstreckte sich auf 400 Proben aus 20 Dentaleinheiten und zusätzlich 320 Trinkwasserkontrollen aus den Praxen. Diagnostisch erfaßt wurden außer Legionellen auch Pseudomonaden, "Coliforme" und Amöben sowie die Metallbelastung und physikalisch-chemische Kenngrößen des Wassers.

77 % der Wasserproben aus den Behandlungseinheiten enthielten Legionellen (12 verschiedene Spezies, bis zu 4 pro Praxis), 60 % Pseudomonaden und 21 % Coliforme. Im Vergleich hierzu war das Trinkwasser in 39 % bzw. 16 % bzw. 8 % kontaminiert. Der Amöbennachweis gelang in den Proben aus den Behandlungseinheiten in 96 %, in 25 % der Leitungswasserproben waren ebenfalls Amöben anwesend.

Ein positiver Zusammenhang des Auftretens von Legionellen und Amöben ist mit hoher Wahrscheinlichkeit gegeben, er konnte dagegen bezüglich Legionellen und dem Metallgehalt des Wassers sowie der Pseudomonaden- und Coliformenkontamination nicht belegt werden.

Zur Herabsetzung des Infektionsrisikos für Patient und Zahnarzt werden hygienisch-technische Empfehlungen formuliert und die Entwicklung von Dekontaminationsverfahren gefordert.

4. Literatur

1. Albrecht, J., Riethe, P., Wasielewski, E.v.: Über die Infektionsmöglichkeit durch Bohrstaub. Zahnärztl. Welt 21 (1953), 599 - 600
2. Anonymus: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. VCH-Verlagsges., Weinheim 1985
3. Bahrs, J., Pothmann, C.: Besteht eine Gefährdung für den Zahnarzt durch Sprayanwendung? ZWR Dtsch. Zahnärztebl. 82 (1973), 1008 - 1012
4. Belting, C.M., Habermel, G.C., Juhl, L.K.: Spread of organisms from dental air rotor. J. Am. Dent. Assoc. 68 (1964), 648 - 651
5. Borneff, M.: Hygiene-Probleme in der zahnärztlichen Praxis unter besonderer Berücksichtigung der Dentaleinheiten. Zbl. Bakt. Hyg. B 183 (1986), 130 - 152
6. Borneff, M.: Hygiene und Infektionsprophylaxe in der zahnärztlichen Praxis und Klinik. Habilitationsschrift, Heidelberg, 1991
7. Borneff, J., Borneff, M.: Hygiene. 5. Aufl. G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1991

8. Bundesgesundheitsamt: Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos. Bundesgesundhbl. 30 (1987), 252 - 253
9. Bundesminister für Gesundheit: Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung) vom 12. Dez. 1990. BGBl. I. 2612 - 2629
10. Ciszewski, H.-J.: Die Wasserversorgung zahnärztlicher Handstücke - eine Gefahrenquelle für Zahnarzt und Patient. Dtsch. zahnärztl. Z. 37 (1982), 398 - 399
11. Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie: Empfehlungen zur Hygiene in der zahnärztlichen Praxis. Kommission Krankenhaus- und Praxishygiene der Sektion III (Stand März 1990). In Knoll, K.H. (Hrsg.): Angewandte Hygiene in ZMK-Klinik und Praxis. Bericht über den Dental-Hygiene-Kongress vom 29. - 31.03.1990, Marburg, 11 - 30
12. Edelstein, P.H.: Improved, semi-selective medium for isolation of Legionella pneumophila from contaminated clinical and environmental specimen. J. Clin. Microbiol. 14 (1981), 298 - 303
13. Exner, M., Wegmann, U.: Hygiene in der zahnärztlichen Praxis. In: Horch, H.H., L. Hupfau, W. Ketterl, G. Schmuth (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde. 2. Aufl. Urban u. Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, (1988), 258 - 338
14. Exner, M., Jung, K.-D., Haardt, B.: Nosokomiale Legionellen-Infektionen im Zusammenhang mit einer systemischen Legionellen-Kontamination des Hausinstallationssystems und Erfahrungen zur Sanierung. Forum Städtehyg. 41 (1990), 289 - 296
15. Filippi, A., Tilkes, F.: Ozon - eine Möglichkeit zur Wasserdesinfektion von Dental-Einheiten. In Knoll, H. (Hrsg.): Angewandte Hygiene in ZMK-Klinik und Praxis. Bericht über den Dental-Hygiene-Kongress vom 29. - 31.03.1990, Marburg, 107 - 111
16. Furuhashi, M., Miyamae, I.: Prevention of bacterial contamination of water in dental units. J. Hosp. Inf. 6 (1985), 81 - 88
17. Gräf, W.: Kliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. In: Thofern, E., K. Botzenhart (Hrsg.): Hygiene und Infektionskrankheiten im Krankenhaus. G. Fischer Verlag, Stuttgart - New York (1983), 423 - 429
18. Griffin, J.L.: Temperature tolerance of pathogenic and non pathogenic free living amoebas. Science 178 (1972), 869 - 870

19. Groothuis, D.G., Veenendaal, H.R.: Heat Treatment as an Aid for the Isolation of *Legionella pneumophila* from Clinical and Environmental Samples. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig.A 255 (1983), 39 - 43
20. Groothuis, D.G., Veenendaal, H.R., Meenhorst, P.L.: Serogrouping of *Legionella* by slide agglutination test with monospecific sera. In: Thornsberry, C., A. Balows, J.C. Feeley and W. Jakubowski (Eds.): *Legionella*, Proceedings 2nd International Symposium. Am. Soc. Microbiol., Washington D.C. (1984), 35 - 37
21. Grün, L., Crott, K.: Über den Keimgehalt des Turbinensprays, I. Fahrbare Turbinen. Dtsch. zahnärztl. Z. 24 (1969), 189 - 193
22. Grün, L., Crott, K.: Über den Keimgehalt des Turbinensprays, II. Eingebaute Turbinen. Dtsch. zahnärztl. Z. 24 (1969), 870 - 875
23. Hantusch, U., Löhlein, K., Walter, R.: Untersuchungen zur bakteriellen Kontamination des Kühlwassersystems der zahnärztlichen Turbine. Stomatol. DDR 31 (1981), 222 - 225
24. Henke, M., Seidel, K.: Association between *Legionella pneumophila* and *Amoebae* in Water. Isr. J. Med. Sci. 22 (1986), 690 - 695
25. Jaeggi, N.E., Schmidt-Lorenz, W.: Bakterielle Wiederverkeimung im Trinkwasser. IV. Mitteilung: Bakterienflora in Frisch- und Stagnationswasser bei der Trinkwasseraufbereitung und im Trinkwasser-Verteilersystem. Zbl. Hyg. 190 (1990), 217 - 235
26. Just, H.-M., Michel, R.: Infektionsgefährdung durch Bakterien, Pilze und Amöben in Kühl- und Spülwasser zahnärztlicher Einheiten. Dtsch. zahnärztl. Z. 39 (1984), 60 - 64
27. Kazantzis, G.: Air Contamination from High-Speed Dental Drills. Proc. Roy. Soc. Med. 54 (1961), 242 - 244
28. Koch, H.: Untersuchungen über den Keimgehalt des Kühlwassers eines zahnärztlichen Behandlungsgerätes. Inaug. Diss. Mainz 1978
29. Kohnke, H.J.: Stand der Technik und neue Entwicklungen bei Warmwasserbereichern. In: Seidel, K., E. Seeber u. U. Hässelbarth (Hrsg.): *Legionellen*, Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problems. Schr.-Reihe Verein WaBoLu 72, G. Fischer Verlag, Stuttgart - New York (1987), 77 - 82
30. Madden, R.M., Hausler jr., W.J.: Microbiological Comparison of Dental Handpieces. J. Dent. Res. 42 (1963), 1146 - 1151

31. Michel, R., Borneff, M.: Über die Bedeutung von Amöben und anderen Protozoen in wasserführenden Systemen von Dentaleinheiten. Zbl. Bakt. Hyg. B 187 (1989), 312 - 323
32. Oppenheim, B.A., Sefton, A.M., Gill, O.N., Tyler, J.E., O'Mahony, M.C., Richards, J.M., Dennis, P.J.L., Harrison, T.G.: Widespread *Legionella pneumophila* contaminations of dental stations in a dental school without apparent human infection. *Epidem. Infect.* 99 (1987), 159 - 166
33. Page, F.C.: An illustrated key to freshwater and soil amoebae; Freshwater Biological Association. Scientific Publication Nr. 34. Titus Wilson and Son Ltd. Kendal, 1976
34. Pankhurst, C.L., Philpott-Howard, J.N., Hewitt, J.H., Casewell, M.W.: The efficacy of chlorination and filtration in the control and eradication of legionella from dental chair water systems. *J. Hosp. Inf.* 16 (1990), 9 - 18
35. Reinthaler, F., Mascher, F.: Nachweis von *Legionella pneumophila* in Dentaleinheiten. Zbl. Bakt. Hyg. B 183 (1986), 86 - 88
36. Riethe, P.: Über die Infektionsmöglichkeit bei der Anwendung von luftgetriebenen Schnellstlaufgeräten. *Dtsch. zahnärztl. Z.* 15 (1960), 355 - 357
37. Schofield, G.M.: A note on the survival of *Legionella pneumophila* in stagnant tap water. *J. Appl. Bact.* 59 (1985), 333 - 335
38. Schuller, E.: Versuche zum Bakteriengehalt und zur Dekontamination von Sprühflüssigkeit und entstehenden Aerosolen aus Dentalturbinen. Inaug. Diss. Würzburg 1980
39. Sonntag, H.-G.: Hygienemaßnahmen als Vorbereitung für kieferchirurgische Eingriffe. *Zahnärztl. Praxis* 12 (1981), 592 - 598
40. Sonntag, H.-G.: Wasserhygiene im Krankenhaus. Zbl. Bakt. Hyg. B 183 (1986), 120 - 129
41. Sonntag, H.-G., Hingst, V.: Infektionsschutz in der Zahnarztpraxis. *Zahnärztl. Wschr.* 96 (1987), 1035 - 1041
42. Sonntag, H.-G., Hingst, V.: Ärztliche und zahnärztliche Praxen: Bau, Einrichtung und Betrieb. In: Gundermann, K.O., H. Rüden, H.-G. Sonntag (Hrsg.): *Lehrbuch der Hygiene*. G. Fischer Verlag, Stuttgart - New York (1991), 423 - 433

43. States, S.J., Conley, L.F., Ceraso, M., Stephenson, T.E., Wolford, R.S., Wadowsky, R.M., McNamara, A.M., Yee, R.B.: Effects of Metals on *Legionella pneumophila* Growth in Drinking Water Plumbing Systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 50 (1985), 1149 - 1154
44. Stout, J.E., Yu, V.L., Best, M.G.: Ecology of *Legionella pneumophila* within Water Distribution Systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 221 - 228
45. Wadowsky, R.M., Wolford, R., McNamara, A.M., Yee, R.B.: Effect of Temperatur, pH, and Oxygen Level on the Multiplication of Naturally Occurring *Legionella pneumophila* in Potable Water. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 1197 - 1205
46. Waschko-Dransmann, D.: Probleme bei der Reduzierung von Legionellen in Warmwassersystemen. Vortrag 43. Jahrestagung der DGHM, Münster 30.09. - 02.10.1991
47. Weist, K., Zastrow, K.D., Martiny, H., Rüden, H.: *Legionella* Infektionen. 1. Mitt.: Ergebnisse einer Umfrage und Nachuntersuchung zum Vorkommen von Legionellosen in Krankenhäusern von Berlin (West). *Forum Städtehyg.* 41 (1990), 73 - 78
48. Weist, K., Martiny, H., Löffler, D., Wiesel, B., Rüden, H.: *Legionella* Infektionen. 2. Mitt.: Vorkommen von *Legionella pneumophila* in Warmwassersystemen von Privathaushalten. *Forum Städtehyg.* 41 (1990), 79 - 84
49. Winkler, B., Willmann, P., Walter, R., Rüdiger, St., Fischer, G., Pfeifer, Th.: Ausarbeitung eines Verfahrens zur Untersuchung des viralen Infektionspotentials dentaler Aerosole. *Z. ges. Hyg.* 34 (1988), 531 - 534
50. Zubovic, Z.: Felduntersuchungen zur Reduktion des Keimgehaltes in wasserführenden Leitungssystemen von Dentaleinheiten und behandlungsbedingten Aerosolen in der zahnärztlichen Praxis. Inaug. Diss. Heidelberg 1987

Tab. 1: Nachgewiesene Legionella-Arten im Betriebs- und Trinkwasser von 7 Praxen

Praxis	Spezies	Anteil in %
Nr. 1	L. non-pneumophila LD 84-922	100,0
Nr. 2	L. longbeachae Sg. 2	45,2
	L. micdadei	39,4
	L. non-pneumophila LD 84-922	15,4
Nr. 5	L. pneumophila Sg. 1	94,4
	L. pneumophila Sg. 9	3,2
	L. pneumophila Sg. 5	1,2
	L. pneumophila Sg. 2	1,2
Nr. 6	L. jamestowniensis	100,0
Nr. 11	L. pneumophila Sg. 5	54,5
	L. non-pneumophila LD 84-922	27,3
	L. pneumophila Sg. 2	9,1
	unbekannte Legionella-Art	9,1
Nr. 15	L. jamestowniensis	90,6
	L. pneumophila Sg. 10	7,5
	L. pneumophila Sg. 1 Typ A 15	1,9
Nr. 18	L. non-pneumophila LD 84-922	63,6
	L. feeleyi Sg. 1	27,3
	L. pneumophila Sg. 5	9,1

Tab. 2: Häufigkeit von freilebenden Amöben im Betriebswasser 20 zahnärztlicher Behandlungseinheiten in 7 Praxen

Praxis	Wasserproben n =	Amöbennachweis in n Proben	Naegleria sp.
Nr.1	39	38 (97,4 %)	8 (20,5 %)
Nr.2	30	30 (100 %)	1 (3,3 %)
Nr.5	30	26 (86,7 %)	
Nr.6	40	38 (90,0 %)	
Nr.11	10	10 (100 %)	
Nr.15	30	30 (100 %)	5 (16,7 %)
Nr.18	20	19 (95 %)	
Gesamt	199	191 (96 %)	14 (7,0 %)

Tab. 3: Häufigkeit von Amöben im warmen Trinkwasser von 7 Praxen

Praxis	Wasserproben n =	Amöbennachweis in n Proben	Sonstige
Nr.1	20	8 (40 %)	
Nr.2	38	2 (5,3 %)	
Nr.5	19	8 (42,1 %)	
Nr.6	20	5 (25 %)	
Nr.11	20	5 (25 %)	1 (5 %) <i>Protacanthamoeba</i> sp.
Nr.15	40	15 (37,5 %)	
Nr.18	20	1 (5 %)	
Gesamt	177	44 (24,9 %)	

Tab. 4: Technische Ausgangsbedingungen einer exemplarischen Praxis

Praxis	Einheit	Durchfluß (ml/min) Mittel- wert	Temp. (°C) Mittel- wert	Nutzungs- frequenz	Kupfer mg/l	Zink mg/l	Eisen mg/l
Nr. 15	1	40	21,1	b	0,39	1,35	<0,1
	2	61	24,8	b	0,36	1,10	<0,1
	3	64	23,2	b	0,46	1,17	<0,1
	Trink- wasser				0,82	0,17	<0,1

Nutzungsfrequenz: a = sporadisch b = regelmäßig

Richtwerte Trinkwasserverordnung (9): Kupfer 3 mg/l, Zink 5 mg/l

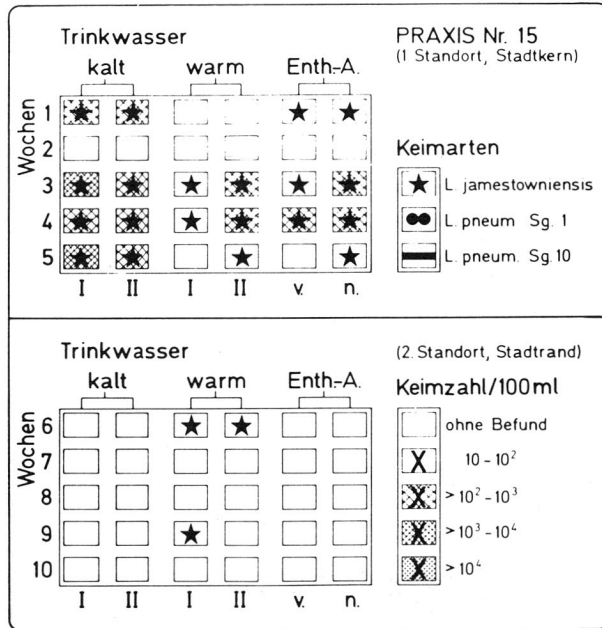


Abb. 2 Vorkommen von Legionellen in Trinkwasserproben der Praxis Nr. 15 im Längsschnitt über 10 Wochen

Probe I = direkt entnommenes Wasser
 Probe II = nach 5 min Ablauf entnommenes Wasser
 v. Enth.-A. = vor Enthärtungsanlage
 n. Enth.-A. = nach Enthärtungsanlage

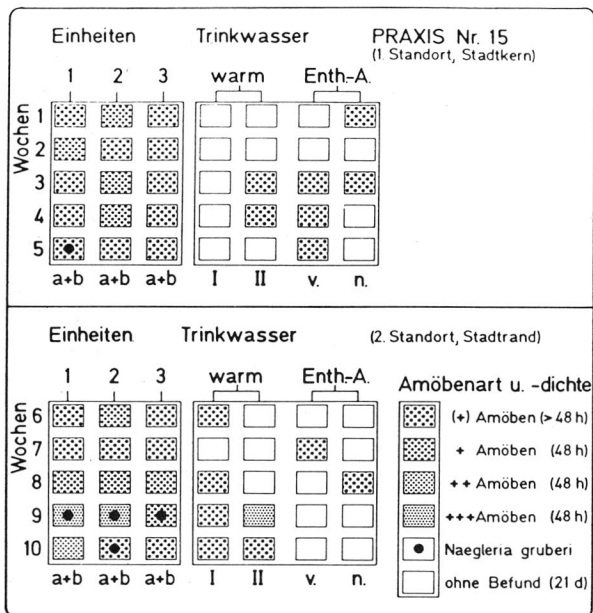


Abb. 3 Vorkommen von freilebenden Amöben in Betriebs- und Trinkwasserproben der Praxis Nr. 15 im Längsschnitt über 10 Wochen

- Probe a + b = Mischprobe aus zu versprühendem und nicht zu versprühendem Wasser
- Probe I = direkt entnommenes Wasser
- Probe II = nach 5 min Ablauf entnommenes Wasser
- v. Enth.-A. = vor Enthärtungsanlage
- n. Enth.-A. = nach Enthärtungsanlage

Chemische und mikrobiologische Untersuchungsergebnisse von RLT-Anlagen in Berlin

R. Nagorka und W. Bartocha

Der Betrieb von Raumlufthechnischen Anlagen (RLT-Anlagen, "Klimaanlagen") ist mit hygienischen Problemen verbunden. Insbesondere durch die mikrobiell sehr anfälligen Luftbefeuchtersysteme können sowohl toxikologisch-allergologische als auch mikrobiologische Beschwerden [1] unterschiedlicher Schweregrade ausgelöst werden. Dies gilt vor allem, wenn die Luftbefeuchtung nicht über korrekt betriebene Dampfbefeuchtung, sondern durch Sprüh- oder Kontaktbefeuchter reguliert wird. Im Befeuchterwasser muß immer mit dem Vorkommen und der Vermehrung von Mikroorganismen gerechnet werden, die durch die angesaugte Luft oder das Füllwasser eingebracht werden. Eine häufig angewendete Vorsorgemaßnahme ist die Applikation von bioziden Wirkstoffen in das Befeuchterwasser. Die meisten Anlagenbetreiber geben einer schockartigen höherkonzentrierten Biozideinspeisung, die in regelmäßigen Intervallen erfolgt, den Vorzug gegenüber kontinuierlichen "low-level" Zusätzen. Da die Befeuchter luftseitig offene Systeme darstellen, muß man von einer möglichen Kontamination der nachgeschalteten Luftwege mit den Wirksubstanzen ausgehen. Deren toxikologisches Profil ist oft nur unzureichend oder gar nicht bekannt, denn bislang fällt der Umgang mit den zahlreichen kommerziell angebotenen Wasserbehandlungsmitteln ausschließlich in die Eigenverantwortlichkeit von Hersteller und Anlagenbetreiber.

Bei unseren Untersuchungen sind wir daher vor allem 2 Fragen nachgegangen:

- 1) Werden die bioziden Wirkstoffe über die befeuchtete Luft in die "klimatisierten" Räume eingetragen und wenn ja, in welchem Umfang ?
- 2) Wie wirksam ist der Einsatz von Bioziden gegenüber den Mikroorganismen unter Praxisbedingungen ?

Beschreibung der untersuchten Wasserbehandlungsmittel:

Breitflächige Untersuchungen der auf dem Markt angebotenen mikrobiziden Wirkstoffe waren nicht sinnvoll, zumal es keine anwendungsreifen Analysenmethoden zur

Erfassung der Wirkstoffe in der Raumluft gibt. Wir haben uns daher auf 3 biozide Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgemische beschränkt, die in Tabelle 1 näher spezifiziert sind.

Biozid 1 faßt Biozidpräparate auf der Basis von 2-Methylisothiazolonen zusammen, die nach unseren Erhebungen sehr häufig in RLT-Anlagen eingesetzt werden. Unter zahlreichen Handelsnamen wie z.B. Kathon WT, Wacoqid 3150 oder Lavisan Q werden wässrige Formulierungen angeboten, die als aktive Hauptbestandteile 2-Methyl-3(2H)-isothiazolon (im folgenden mit MI abgekürzt) und 5-Chloro-2-methyl-3(2H)-isothiazolon (im folgenden mit MICl abgekürzt) enthalten; unchlorierte und chlorierte Verbindung treten herstellungsbedingt stets im Konzentrationsverhältnis von ungefähr 1:3 auf [2]. Wie aus der Tabelle auch ersichtlich, schwanken die Herstellerempfehlungen für optimale Dosismengen und -intervalle sehr stark und umfassen sowohl bei diskontinuierlicher wie auch bei kontinuierlicher Wasserbehandlung jeweils mehr als eine Größenordnung [3, 4, 5].

Bereits durch ihren intensiven Einsatz in kosmetischen Produkten ist bekannt, daß 2-Methylisothiazolone aufgrund ihres hohen Sensibilisierungspotentials toxikologisch als nicht unbedenklich bewertet werden können [6, 7].

Bei Biozid 2 handelt es sich um Formulierungen mit dem Wirkstoff 2,2-Dibrom-3-nitrilopropionamid, üblicherweise in glykolischer Lösung angeboten. Das Präparat wird insbesondere für stark belastete Wäscher empfohlen [8].

Das dritte von uns untersuchte Mittel (Biozid 3) ist ein Wirkstoffgemisch welches die beiden Aktivsubstanzen 2,2-Dibrom-2-nitroethanol und 4,5-Dichloro-3H-1,2-dithiol-3-on enthält. Laut Herstellerfirma ist lediglich eine "geringe Applikation notwendig, um eine Desinfektion des Befeuchtersystems sicherzustellen".

Methodik

- Untersuchungsobjekte und Probenahmemodus

Unsere Untersuchungen umfaßten 11 Gebäude in Berlin, die durch ein oder mehrere Luftbefeuchtungssysteme klimatisiert wurden. Es handelte sich um 3 Gewerbebetriebe, verschiedene Einrichtungen des Kulturbetriebes, ein Verwaltungsgebäude und eine Schule. Insgesamt wurden 17 Befeuchter überprüft (14 Sprühbefeuchter/3 Kontaktbefeuchter). Abbildung 1 zeigt die Seitenansicht eines Sprühbefeuchters. Die Biozide wurden bis auf einen Fall schockartig 2 bis 3 mal pro Woche zugesetzt. Für alle Anlagen bestanden Wartungsverträge mit Firmen.

Ermittelt wurden die Biozidgehalte in der klimatisierten Luft entlang des Luftpfades, d.h. sowohl direkt hinter dem Befeuchter in der sogenannten "Abblaskammer" als auch in den Räumen; zusätzlich wurden die Biozidgehalte im Befeuchterwasser bestimmt.

Zur Überprüfung des Hygienezustandes des Befeuchterwassers wurden folgende mikrobiologische Parameter herangezogen: Legionella pneumophila, Serogruppe 1 - 14, Pseudomonas aeruginosa, Koloniezahl (36 °C), freilebende Amöben sowie Hefen und Schimmelpilze.

Luftprobenahmen erstreckten sich im Schnitt über 3 Stunden und wurden, soweit organisatorisch möglich, unmittelbar im Anschluß an eine Biozidzudosierung durchgeführt. Bei

Untersuchungen der Raumluft wurde stets zu Beginn und/oder nach Beendigung der Luftprobenahme das Wasser des zugehörigen Befeuchtersystems beprobt, d.h. Wasserproben für chemische und mikrobiologische Untersuchungen wurden üblicherweise direkt nach erfolgter Biozideinspeisung bzw. bis maximal 3 Stunden später entnommen. Zur Ermittlung der Persistenz der applizierten Biozide wurden in einigen Fällen auch in unregelmäßigen Zeitabständen bis zur nächsten Zudosierung Wasserproben entnommen.

- Bestimmung der Biozidgehalte in Raumluft und im Befeuchterwasser

Die hierfür entwickelten Analysenmethoden sind an anderer Stelle ausführlich beschrieben [9, 10, 11] und werden daher hier nur komprimiert beschrieben. Die Luftprobenahme erfolgte als Aktivprobenahme durch Anreicherung der Biozide an einem Sorbens (modifizierte Kieselgel-Phasen; Probenahmevolumen 300 bis 350 l Luft). Zur Bestimmung wurden die Biozide mit einem geeigneten Elutionsmittel desorbiert und anschließend mittels Hochleistungsflüssigchromatographie unter UV-Detektion quantifiziert. Mit den entwickelten Analysenmethoden ließen sich je nach Substanz Nachweisgrenzen im unteren ng/m³-Bereich erzielen. Die Wasserproben konnten nach Filtration und evtl. Verdünnung direkt dem hochleistungsflüssigchromatographischen Trennsystem zugeführt werden.

- Mikrobiologische Parameter

Der Legionellennachweis erfolgte nach Membranfiltration, Resuspendierung, Ausstrich auf modifiziertem BCYE-Agar und aerober Bebrütung über 7 Tage bei 35±1 °C. Wenn nach 2 Stunden Filtrationszeit 1000 ml Wasser nicht filtriert werden konnten, wurde der Vorgang abgebrochen und das filtrierte Volumen notiert.

Die Typisierung erfolgte nach Kontrollausstrich auf cysteinfreiem Agar im direkten Immunfluoreszenztest [9, 12, 13]. Neben der Membranfiltration wurden noch zusätzlich 0.1 ml Untersuchungswasser direkt auf dem o.a. Agar ausgespatelt.

Der Nachweis von Pseudomonas aeruginosa erfolgte nach DIN 38411 in 100 ml Wasser unter Verwendung der Membranfiltermethode [14].

Die Bestimmung der Koloniezahl wurde nach dem Koch'schen Plattengußverfahren mit DEV Nähragar durchgeführt. Die Nährbodenplatten wurden bei 36±1 °C 44±4 Stunden bebrütet und mittels 8-facher Lupenvergrößerung die Koloniezahl (KBE/ml) festgestellt.

Zum Nachweis der Amöben wurden 1000 ml Befeuchterwasser membranfiltriert. Das Membranfilter wurde danach mit der Oberseite auf einer mit E.coli beimpften Agar-Platte (1,5 % Agar auf 1 Liter Salzlösung nach Page) gelegt und bei 40 °C bis zu 10 Tagen bebrütet [9, 15].

Hefen und Schimmelpilze wurden auf Sabouraud-Agar (2% Glucose) mit Antibiotikazusatz (Penicillin-Streptomycin) angezüchtet, wobei 100 ml Untersuchungswasser membranfiltriert und 0.1 ml direkt ausgespatelt wurden. Die Bebrütungstemperaturen betrugen 20±2 °C und 36±1 °C, die Auswertung erfolgte nach 7 Tagen. Eine weitere Differenzierung fand nicht statt.

Ergebnisse

- Kontamination der Raumluft

Die Gehalte der Aktivsubstanzen der drei von uns untersuchten Biozidformulierungen in den öffentlichen und gewerblich betriebenen Gebäuden sind übersichtsartig in Tabelle 2 aufgelistet. In Anlagen, die mit dem Biozid 2 behandelt wurden, konnte bei keiner Probenahme ein Eintrag von 2,2-Dibrom-3-nitrilopropionamid in die klimatisierten Räume beobachtet werden. Gleiches gilt für den Wirkstoff 2,2-Dibrom-2-nitroethanol des Biozidpräparates 3. Für Dithiol ergab sich nur bei einer der vier Luftproben, die unmittelbar hinter der Befeuchterkammer genommen wurden, ein positiver Befund.

Dagegen war mindestens eine der beiden Aktivkomponenten der Formulierung 1, meistens aber beide, in fast allen diesbezüglich untersuchten Räumen nachweisbar. Die Kontamination der Methylisothiazolone in den klimatisierten Räumen erreichte bis zu $3.4 \mu\text{g}$ Gesamtaktivsubstanz/ m^3 . Abbildung 2 zeigt die Maximalgehalte der Raumluft in 10 der von uns untersuchten Gebäude. Deutlich erkennbar ist die Verschiebung des Konzentrationsverhältnisses beider Komponenten zugunsten des chlorierten Wirkstoffes (gegenüber dem herstellungsbedingten Verhältnis im Wasserbehandlungsmittel), ein Charakteristikum fast sämtlicher Luftmessungen. Offensichtlich tritt die stärker apolare Verbindung MICl besser aus der wässrigen Phase in die Raumluft über. Die Gesamtisothiazolon-Gehalte in der Raumluft schwankten sowohl in den jeweiligen Gebäuden als auch von Gebäude zu Gebäude sehr stark. Diese hohe Schwankungsbreite hat ihre Ursache wahrscheinlich in den stark differierenden Betriebsparametern der einzelnen Raumlufttechnischen Einrichtungen, wie Luftdurchsatz, Umluft-/Frischluftanteil oder gewünschter Raumluft-Feuchtegrade.

Die Kontamination der 2-Methylisothiazolone in der Raumluft stand insbesondere mit zwei Faktoren in direktem Zusammenhang:

- Biozidgehalt im Befeuchterwasser sowie Temperatur der Außenluft, da sinkende Außentemperaturen eine intensivere Luftbefeuchtung notwendig machen.

In Abbildung 3 ist die Abhängigkeit der Konzentration der chlorierten Aktivkomponente von Biozid 1 in einem der untersuchten Gebäude von der Außentemperatur dargestellt. In diesem Zusammenhang ist zur Raumluftbelastung speziell durch Methylisothiazolone zu bemerken, daß die Messung im Verlauf eines Winterhalbjahres mit relativ milden Außentemperaturen durchgeführt wurden. Bei wirklich winterlichen Temperaturen muß daher mit Kontaminationspegeln deutlich oberhalb von $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gerechnet werden.

- Biozidgehalte in den Befeuchterwässern

Die ermittelten Konzentrationen sind in Tabelle 3 aufgelistet. Für das Biozid 1 und 2 lagen die Werte im Mittel im mg/l -Wasser-Bereich. Bei Biozid 3 ergaben die Messungen Gesamtgehalte unterhalb von 1 mg/l . Anzumerken ist, daß die Applikation der Biozidformulierungen gemäß den Herstellerangaben erfolgte.

Eine wesentliche Voraussetzung für die mikrobizide Wirkung einer Substanz ist u.a. eine ausreichende Verweilzeit im Wasser. Die Persistenz der von uns untersuchten Biozide ist in praxi grundsätzlich als gering und unbefriedigend zu bewerten. Dies gilt sowohl

für die Verweilzeit als auch für die Stabilität der Biozide. Als entscheidend für die niedrige Persistenz erwiesen sich sowohl der Befeuchtungsvorgang selbst als auch das extrem ungünstige Milieu der Befeuchterwässer; im Schnitt lagen die pH-Werte oberhalb von 8, meist bei 8 bis 8.5.

Bei Biozid 1 konnte in sprühaktiven Zeiten innerhalb von drei bis vier Stunden nach erfolgter Zudosierung ein deutlicher Konzentrationsabfall der Methylisothiazolone im Befeuchterwasser beobachtet werden. Wie in der Abbildung 4 aufgezeigt, traten bei der chlorierten Komponente Verluste von bis zu 80 % auf, die unchlorierte Verbindung zeigte eine Konzentrationsminderung von 30 bis 70 %. Entsprechend waren die beiden Wirkstoffe bei acht Stichproben, die kurzzeitig vor einer erneuten Zudosierung (etwa 10 bis 15 Minuten) entnommen wurden, nicht mehr nachweisbar. Nur ein geringer Teil, etwa 3 % dieser Verluste, geht auf einen Austrag der Biozide in die befeuchtete Luft zurück. Denkbar sind Absorptionseffekte an den Wandungen der Befeuchterkammer. In den Sommermonaten durchgeführte Messungen ergaben jedoch keine signifikanten Abnahmen während eines vergleichbaren Zeitraumes.

Die Biozide 2 und 3 konnten in der Regel bereits kurze Zeit nach Zugabe zum Befeuchterwasser gar nicht mehr im System nachgewiesen werden. Von 32 Proben aus fünf Raumlufttechnischen Einrichtungen, deren Befeuchtereinheiten Biozid 2 zugesetzt wurde, war in 16 Fällen innerhalb von maximal zwei Stunden nach der Zudosierung der Wirkstoff nicht mehr nachweisbar. Da der Wirkstoff bei Luftmessungen lediglich in einem einzigen Fall und auch nur direkt hinter dem Befeuchter nachweisbar war, ist hier - im Gegensatz zu den 2-Methylisothiazolonen - von Hydrolyseeffekten auszugehen. Untersuchungen von BLANCHARD und Mitarbeitern ergaben für eine Ausgangskonzentration von 2 mg 2,2-Dibrom-3-nitropropionamid/l innerhalb von vier Stunden im basischen Milieu bei pH 8 eine 95 %ige Hydrolyse [16].

Ähnlich ungünstige Ergebnisse erhielten wir für die beiden Wirkstoffe 2,2-Dibrom-2-nitroethanol und Dithiol des dritten Wasserbehandlungsmittels. In 18 von 19 Proben, den Befeuchtersystemen maximal eine Stunde nach erfolgter Zudosierung entnommen, lag der Gehalt von einer oder beiden Aktivkomponenten unterhalb der Nachweisgrenze. In einer gewerblichen Anlage mit einem starken Partikeleintrag (Staub, Papier) in die Wäscher, was besonders durch den hohen Umluftanteil begünstigt wurde, konnten beide Wirkstoffe der Biozidformulierung 3 in acht von neun Proben auch unmittelbar nach erfolgter Zudosierung nicht nachgewiesen werden. Kontrolluntersuchungen im Labor ergaben, daß dieser Effekt eindeutig auf das Befeuchterwasser zurückzuführen ist; eventuell werden die Biozide sehr rasch an den im Befeuchterwasser befindlichen Partikeln absorbiert.

- Mikrobiologische Untersuchungen

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt. Von den insgesamt 144 mit Bioziden behandelten Wasserproben waren 41 positiv für Legionellen in den Untersuchungsvolumina von 100 bis 1000 ml; wobei die Anzahl der Kolonien immer < 10 war. Die 0.1-ml-Proben waren immer negativ.

Sämtliche Legionella-Isolate entfielen auf die Art Legionella pneumophila; dabei wurde fast ausschließlich die epidemiologisch besonders wichtige Serogruppe 1 nachgewiesen.

Aus Anlagen in den öffentlichen Gebäuden waren lediglich die Serogruppe 1, in den gewerblichen Betrieben auch noch die Serogruppen 4, 5 und 6 nachweisbar.

Unter den in der Praxis vorgefundenen Dosierungs-Bedingungen ergab sich für die Mittel 2 (2,2-Dibrom-3-nitropropionamid) und 3 (Wirkstoffgemisch aus Dithiol und Dibromnitroethanol) bei den gewerblichen Anlagen ein günstigeres Ergebnis:

Aus den sechs bzw. acht Wasserproben konnten keine Legionellen isoliert werden; zu berücksichtigen ist hier aber nicht nur die geringe Anzahl der Proben sondern auch das relativ geringe Untersuchungsvolumen. Während bei der Anlage mit dem Biozid 2 das zu filtrierende Volumen zwischen 100 und 450 ml lag, konnten bei der anderen Anlage nur bei zwei Proben 1000 ml und bei den restlichen sechs Proben lediglich 100 bis 200 ml filtriert werden.

Im Befeuchterwasser der RLT-Anlagen aus den öffentlichen Gebäuden ergaben sich dagegen höhere Nachweisraten für Legionellen. Unter Verwendung des Biozids 2 gelang der Nachweis in 10 von 29 Proben und beim Einsatz des Biozids 3 waren von 8 Proben 2 positiv für Legionellen. Die Untersuchungsvolumina lagen dabei überwiegend über 500 ml. Nur einmal war allerdings auch eine 200-ml-Probe positiv.

Bei der bestuntersuchten Wirkstoffformulierung 1 ergaben sich sowohl bei den öffentlichen Gebäuden bei 35 Probenahmen als auch bei den gewerblich betriebenen Anlagen mit 58 Probenahmen positive Befunde in 12 bzw. 17 Proben, das entsprach einer Nachweisrate von 34 % bzw. 29 %. Analysiert man diese Befunde genauer, so stellt man fest, daß nicht in allen Anlagen Legionellen gefunden wurden. Verantwortlich für die hohen Nachweisraten war jeweils ein Gebäude sowohl bei den Anlagen aus den öffentlichen Gebäuden als auch aus den Gewerbebetrieben.

Von insgesamt 109 untersuchten Proben auf freilebende Amöben waren 55 positiv. Während zwischen den einzelnen Bioziden für die Amöben keine eindeutigen Unterschiede bezüglich der Inaktivierungswirkung erkennbar waren, traten erhebliche Unterschiede zwischen den in öffentlichen Gebäuden bzw. in den Gewerbebetrieben installierten RLT-Anlagen auf. Nachweisraten von 63 % bis 100 % im Befeuchterwasser aus den Gewerbebetrieben standen lediglich Nachweisraten von 13 % bis 50 % aus den öffentlichen Gebäuden gegenüber.

Der Nachweis von P. aeruginosa ergab nur 1 positiven Befund bei insgesamt 40 untersuchten Proben.

Die Koloniezahl im Wasser der RLT-Anlagen aus den öffentlichen Gebäuden schwankte zwischen 10^0 und 10^4 KBE/ml. Etwas höhere Koloniezahlen konnten wir im Wasser einiger RLT-Anlagen aus den Gewerbebetrieben finden. Hier erreichten die Koloniezahlen teilweise bis zu 10^6 KBE/ml. Bezüglich der mikrobiziden Wirkung konnten wir keinen Unterschied zwischen den 3 untersuchten Handelsformulierungen finden.

Abbildung 5 zeigt das Ergebnis einer einwöchigen Untersuchung in einer Anlage eines Gewerbebetriebes, die mit Biozid 1 behandelt wurde. Es wurden jeweils parallel Wasserproben für chemische und mikrobiologische Untersuchungen entnommen. Dargestellt sind der Konzentrationsverlauf der Gesamtaktivsubstanz (also der Summe beider Aktivkomponenten) und der Verlauf der KBE/ml. Wie ersichtlich, findet keine

nennenswerte Keimreduzierung nach der Biozidzugabe statt. Die Koloniezahl lag immer zwischen 1×10^5 und 7×10^5 KBE/ml und damit unseres Erachtens zu hoch.

Beim Nachweis der Hefen und Schimmelpilze fiel auf, daß im Befeuchterwasser der RLT-Anlagen in den Gewerbebetrieben wesentlich höhere Werte auftraten. Während in den öffentlichen Gebäuden in der Regel bis auf einige Ausnahmen Werte unter 100 pro 100 ml Untersuchungswasser gefunden wurden, konnten in den untersuchten Anlagen in den Gewerbebetrieben bis zu 6×10^5 Hefen und Schimmelpilze isoliert werden.

Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang auch, daß beim Einsatz von Biozid 2 in drei RLT-Anlagen innerhalb kurzer Zeit, in einem Fall 10 Wochen nach Beginn der Behandlung, eine extreme Verpilzung, die bereits optisch deutlich erkennbar war, eintrat. Anzumerken ist, daß es sich bei zwei dieser drei Anlagen um kaum durch Feststoffeintrag belastete RLT-Einrichtungen in Gebäuden des Kulturbetriebes handelte.

Insgesamt ergaben die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse auf Legionellen in mit Bioziden versetztem Befeuchterwasser zu häufig positive Befunde. Mit dem Vorkommen von *L. pneumophila* im Befeuchterwasser von RLT-Anlagen werden wiederum mehrere Autoren bestätigt (1, 13, 17, 18). Die bisher durch RLT-Anlagen bekannt gewordenen Legionellen-Epidemien sind immer mit den auf den Gebäudedächern stehenden offenen Rückkühlwerken in Zusammenhang gebracht worden [19, 20]. Legionellosen, die durch kontaminiertes Sprühbefeuchterwasser ausgelöst wurden, sind uns bisher nicht bekannt. Trotzdem muß der Nachweis von Legionellen in diesen Bauteilen von RLT-Anlagen auch als akutes hygienisches Problem bewertet werden. Auffassungen, daß Legionellen in RLT-Anlagen für uns kein Problem darstellen, da wir andere Bauprinzipien als z.B. England oder die USA haben, sind damit hoffentlich auch für den Bereich der wasserbetriebenen Befeuchter endgültig widerlegt.

Schlußfolgerungen

Zusammenfassend läßt sich sagen:

Biozidzugaben zur Vermeidung eines unkontrollierten Keimwachstums in Umlaufsprühbefeuchtern von RLT-Anlagen gewährleisten auch bei Applikation im Rahmen der Herstellerangaben keineswegs immer, wie oft angenommen, einen befriedigenden Hygienezustand. Viel mehr können die Biozidzugaben eine Kontamination der Raumluft nach sich ziehen und verursachen möglicherweise eine Atemwegssensibilisierung bei den Raumnutzern.

DIN 1946, Teil 2 (Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen) fordert als bauliche Voraussetzung für RLT-Anlagen, daß die Feuchtbauteile einer gründlichen Reinigung zugänglich sind [21]. Nach unseren Erfahrungen ist die fachgerechte und vor allem regelmäßige Wartung der Feuchtbauteile des öfteren nicht gegeben bzw. die erforderlichen Reinigungsmaßnahmen werden häufig nur durch Biozidzugaben "ersetzt".

Literatur

1. Nagorka, R., Roßkamp, E., Seidel, K.: Zur Bewertung von Befeuchteranlagen im Rahmen der Raumklimatisierung, *Öff. Gesundh.-Wes.* 52/(4),(1990), 168 - 173
2. Krzeminski, S. F., Brackett, C. K. Fisher, J. D.: Fate of Microbiocidal 3-Isothiazolone Compounds in the Environment: Modes and Rates of Dissipation. *J. Agric. Food Chem.* 23 (6) (1975), 1060 - 1068
3. Baur, D.: Preliminary Risk Assessment, Kathon WT. Preservative in Air Conditioning Systems, Rohm & Haas, 1989
4. Produktinformation zu Wacoqid 3150, Fa. Wacon, Hamburg
5. Borneff, J.: Gutachten über Albaphos KL, Hygiene-Institut der Universität Mainz, 1988
6. Fuchs, T.: Aktuelle Kontaktallergene und ihre Perspektive. *Med. Welt* 37 (1986), 1305 - 1307
7. Frosch, P. J., Schulze-Dirks, A.: Kontaktallergie auf Kathon CG. *Hautarzt* 38 (1987), 422 - 425
8. Produktinformation zu B 380, Fa. WAT, Norderstedt
9. Nagorka, R., Roßkamp, E., Seidel, K., Ullrich, D., Bartocha, W.: Biozidvorkommen in klimatisierten Räumen und toxikologische Bedeutung für den Nutzer. Abschlußbericht, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin 1990
10. Nagorka, R., Ullrich, D., Matissek, R.: Determination of 2-Methylisothiazolones in Air-conditioned Indoor Air. Poster, Clean Air at Work Congress, Luxemburg 1991
11. Nagorka, R., Roßkamp, E., Seidel, K., Bartocha, W., Ullrich, D.: Lufthygienische Bewertung der Raumklimatisierung am Beispiel ausgewählter Anlagen und zweier Biozidgruppen, Abschlußbericht, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin, 1993
12. Seidel, K., Bätz, G., Bartocha, W. et al.: Zum Vorkommen und zur Bewertung von Legionellen in der Umwelt unter besonderer Berücksichtigung von *Legionella pneumophila*. *Bundesgesundhbl.* 29 (1986), 399 - 404

13. Seidel, K., Börnert, W., Bätz, G. et al.: Auftreten von Legionella-Spezies in verschiedenen Habitaten. Abschlußbericht, Institut für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin, 1988
14. DIN 38411: Nachweis von Pseudomonas aeruginosa (K 8). Beuth Verlag, Berlin 1982
15. Henke, M., Seidel, K.: Associations between Legionella pneumophila and amoebae in waters. Isr. J. Med. Sci. 22, (1986), 690 - 695
16. Blanchard, F.A., Gonsior, S.J., Hopkins, D.L.: 2,2-Dibromo-3-nitropropionamide (DBNPA). Chemical Degradation in Natural Waters: Experimental Evaluation and Modeling of Competitive Pathways. Wat. Res. 21 (7), (1987), 801 - 807
17. Trouwborst, T.: Gibt es eine Strategie zur Verhinderung von Legionella-Infektionen? Erfahrungen aus den Niederlanden. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Bd. 72, (1987), 49 - 66
18. Uerlings, A., Lütticken, R., Höffler, U.: Vorkommen von Legionellen in Wässern, Klimaanlageanlagen und Naßzellen im Bereich Nordrhein. Öff. Gesundh. Wes. 48 (1986), 325 - 328
19. Seidel, K.: Legionella - Infektionsrisiko durch RLT-Anlagen und Maßnahmen zu seiner Verminderung. Forschungsvereinigung für Luft- und Trocknungstechnik e.V., Frankfurt/Main, Forschungsberichte aus dem Gebiet der Luft- und Trocknungstechnik, H. 18, (1990), 1 - 17
20. Seeber, E.: Legionellen: Vorkommen, Bedeutung und Empfehlungen zur Verminderung eines Infektionsrisikos. Ärztl. Lab. 35, (1989), 23 - 28
21. DIN 1946, Teil 2: Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen, 1983

Tab. 1: Dosierempfehlungen und Wirkstoffkonzentrationen der untersuchten Biozide 1, 2 und 3 beim Zusatz zum Befeuchterwasser in RLT-Anlagen nach Herstellerangaben

BIOZIDE

2-Methylisothiazolon (2-Methyl-3(2H)-Isothiazolon,
5-Chloro-2-Methyl-3 (2H)-Isothiazolon (Gemisch)

[Biozid 1]

Dosierempfehlung: 1,0 - 30 mg active ingredients (a.i.)/l Befeuchterwasser bei
diskontinuierlicher Behandlung

1,0 - 15 mg a.i./l Befeuchterwasser bei kontinuierlicher
Behandlung

Wirkstoffkonz.: 1,5 % - 13,9 %

2,2-Dibrom-3-nitrilpropionamid

[Biozid 2]

Dosierempfehlung: z.B. (5 %ige Lösung); 2,0 - 16,0 mg a.i./l Befeuchterwasser
Behandlung: 1 - 4 x pro Woche

Wirkstoffkonz.: 4,5 % - 20 %

2,2-Dibrom-2-nitroethanol,
4,5-Dichloro-2H-1,2-dithiol-3-on (Gemisch)

[Biozid 3]

Dosierempfehlung: 10 mg a.i./l Befeuchterwasser bei diskontinuierlicher Behandlung

Wirkstoffkonz.: 4,5 %

Tab. 2: Biozidgehalte der Raumluft in öffentlichen Gebäuden (Ö) und Gewerbebetrieben (G)

Biozid	Betrieb	Proben (n) (Abblaskammer/klimat. Raum)	Konzentration (ng/m ³)*
1	Ö	5/33	580-6400 / <NG-3400
1	G	0/21	- / 43-845
2	Ö	1/2	35 / <NG
2	G	0/0	- / -
3	Ö	2/4	<NG-320 / <NG
3	G	2/0	<NG / -

<NG: unterhalb der Nachweisgrenze

n: Anzahl der Proben

* für die Biozidformulierungen 1 bzw. 3 ist die Konzentration als Summe der Aktivkomponenten angegeben

Tab. 3: Biozidgehalte in Befeuchterwässern in öffentlichen Gebäuden (Ö) und Gewerbebetrieben (G)

Biozid	Betrieb	Proben (n)	Konzentration (mg/l)
1	Ö	40	<NG - 53,9
1	G	33	<NG - 28,8
2	Ö	26	<NG - 341
2	G	6	<NG - 177
3	Ö	9	<NG - 0,72
3	G	11	<NG - 0,17

<NG: unterhalb der Nachweisgrenze

n: Anzahl der Proben

Tab. 4: Nachweis von L.pneumophila (Volumina: 100 - 1000 ml) und Amöben (Volumen: 1000 ml) im Befeuchterwasser von RLT-Anlagen in öffentlichen Gebäuden (Ö) und Gewerbebetrieben (G)

Biozid	Betrieb	L.pneumophila n/positiv	%	Amöben (40 °C) n/positiv	%
1	Ö	35 / 12	34	33 / 8	24
1	G	58 / 17	29	25 / 21	84
2	Ö	29 / 10	35	28 / 14*	50
2	G	6 / 0	0	6 / 6	100
3	Ö	8 / 2	25	8 / 1	13
3	G	8 / 0	0	8 / 5	63
ohne	Ö	3 / 0	0	1 / 0	0
gesamt	Ö/G	147 / 41	28	109 / 55	50

n: Anzahl der Proben

* bei 2 Proben nur 200 ml filtriert

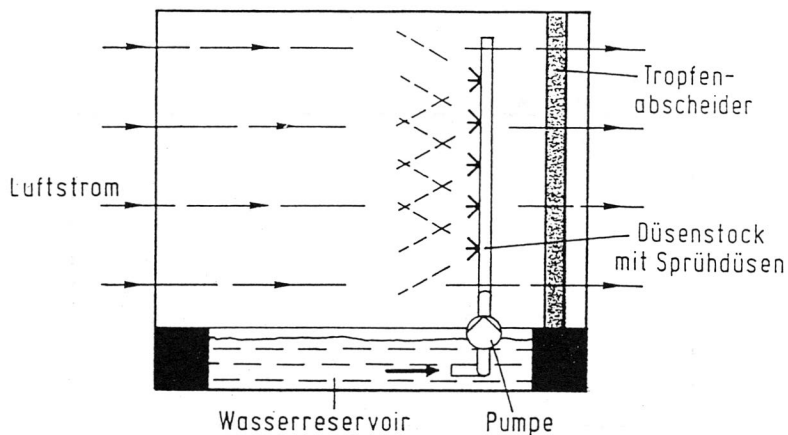


Abb. 1: Seitenansicht eines Umlaufsprühbefeuchters

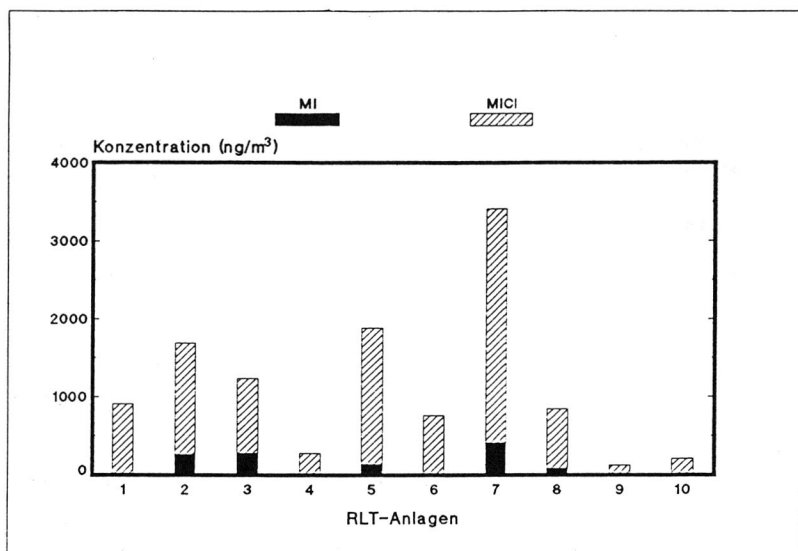


Abb. 2: Maximalgehalte der Methylisothiazolone in der Raumluft von 10 klimatisierten Gebäuden

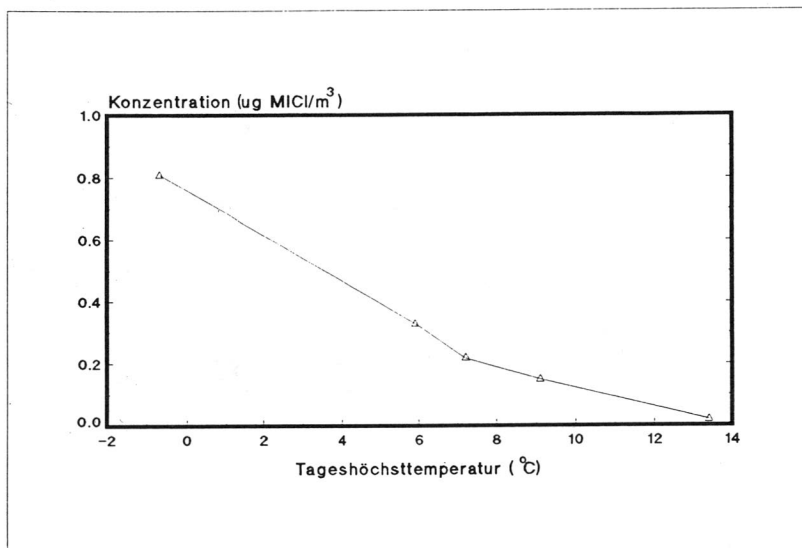


Abb. 3: Einfluß der Außentemperatur auf die Konzentration der chlorierten Komponente (Biozid 1) in Raumluft

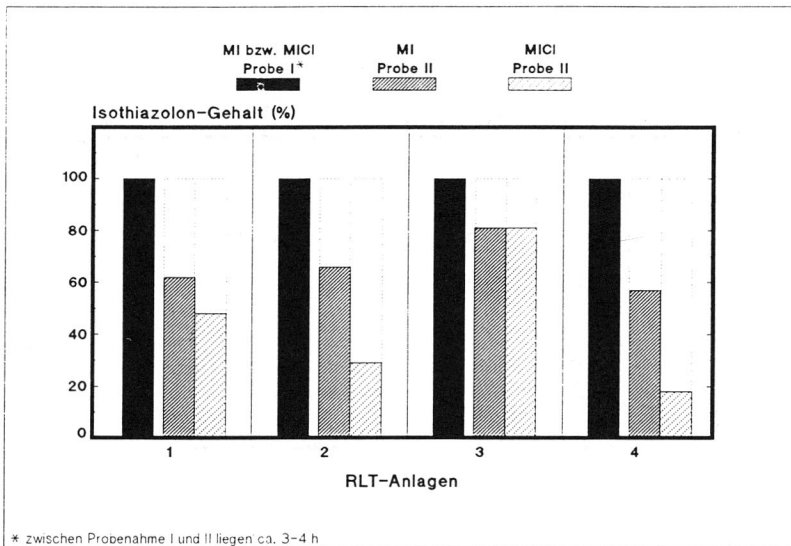


Abb. 4: Konzentrationsabnahme der Methylisothiazolone in Befeuchterwässern (bei hoher Sprühaktivität)

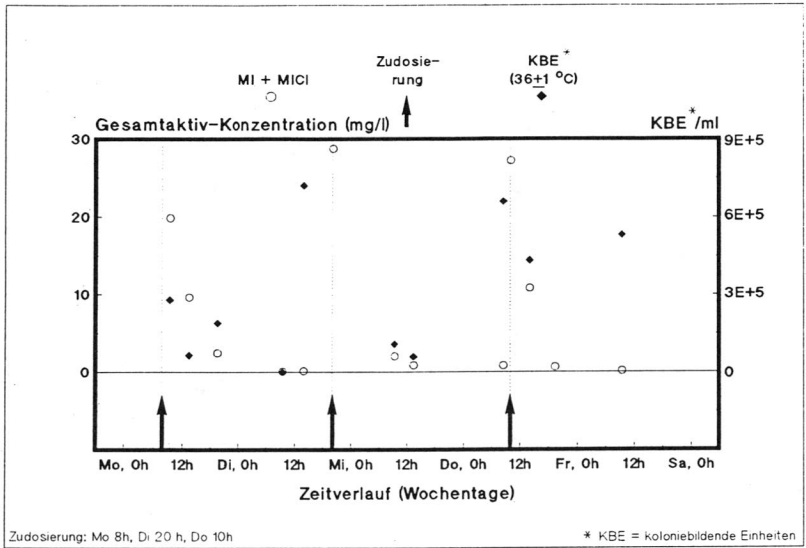


Abb. 5: Korrelation der Aktivgehalte (Biozid 1) mit der Zahl der koloniebildenden Einheiten (in einem Umlaufsprühbefeuchter)

RLT - Anlagen Anforderungen an mikrobiozide Zusätze für Befeuchterwässer

E. Roßkamp u. K. Seidel

Seit etwa 10 - 15 Jahren wird in der internationalen Fachliteratur zunehmend häufiger berichtet, daß Beschäftigte mit Arbeitsplatz in sog. "klimatisierten" Räumen signifikant häufiger über diverse unspezifische Beschwerden und Befindlichkeitsstörungen klagen als Personen, die in konventionell belüfteten Räumen arbeiten. Dieser Beschwerdekomples wird inzwischen auch im deutschen Schrifttum unter dem sprachlich nicht besonders glücklichen Begriff "Sick Building Syndrom" zusammengefaßt [1].

Klar abzugrenzen von diesem Komplex unspezifischer Symptome sind die Krankheitsbilder, die unter dem Begriff "Building Related Illness" - vielleicht zu übersetzen mit "Gebäudebezogene Krankheiten" - zusammengefaßt werden (Tab.1). Jede der hier aufgeführten Krankheiten ist im Gegensatz zu den unspezifischen Symptomen des "Sick Building Syndroms" differenzialdiagnostisch klar erfaßbar. Zumindest für 4 der hier aufgeführten Krankheiten ist ein Zusammenhang mit vorhandenen RLT-Anlagen (raumluftechnische Anlagen) und deren Luftbefeuchtersystem bzw. Rückkühlwerk klar nachgewiesen, nämlich für die sog. "Legionärskrankheit", das Pontiac Fieber, das Befeuchterfieber und die Befeuchterlunge [2, 3].

Als Ursache für diese Krankheitsbilder ließen sich mikrobielle Atemluftverunreinigungen in Form kontaminierter Aerosole nachweisen. Während als Erreger der Legionella-Infektionen Legionella pneumophila neben anderen Legionella-Arten wiederholt identifiziert wurde [2], werden für Befeuchterfieber und Befeuchterlunge, denen beiden ein allergisches Krankheitsgeschehen zugrunde liegt, Sporen u.a. vor allem lösliche Antigene von thermophilen Actinomyceten, Schimmelpilzen, Amöben u.a. Organismen verantwortlich gemacht [4, 5].

Das Befeuchterfieber geht mit Allgemeinreaktionen wie Mattigkeit, Schwäche und Gliederschmerzen neben Fieberschüben begleitet von Schüttelfrost einher [4, 6]. Es tritt wenige Stunden nach Exposition auf und verschwindet nach wenigen Stunden bis Tagen meist bereits wieder. Die klinische Manifestation der Befeuchterlunge beginnt, wie bei allen anderen Formen der exogen-allergischen Alveolitis, allmählich mit Atemnot, Husten mit Auswurf und Fieber [3, 4, 7]. Typischerweise beginnt dieses Akutstadium 6 - 8 Stunden nach erneuter Exposition. Bei Langzeitexposition kann sich das Krankheitsbild zu chronisch unspezifischer Symptomatik mit Anstrengungsdyspnoe entwickeln; das Spätstadium stellt eine Fibrose eventuell mit Berufsunfähigkeit (anerkannte Berufs-

krankheit) dar. Eine geringgradige, chronische Antigenexposition kann zu einer Verlaufsform ohne ausgeprägte Krankheitssymptomatik führen. Hier werden häufig Fehldiagnosen, wie chronische Bronchitis, rezidivierende grippale Infekte oder Asthma bronchiale gestellt [3]. Auf die Krankheitsbilder der "Legionärskrankheit" und des Pontiac-Fiebers ist bereits ausführlicher eingegangen worden. Während für Befeuchterfieber und Befeuchterlunge als Ursache "nur" die Verkeimung von in Gebäuden stationierten Befeuchtern dokumentiert ist, müssen für eine Legionellenübertragung sowohl Aerosole aus kontaminierten Befeuchterwässern als auch solche aus offenen Rückkühlwerken verantwortlich gemacht werden [2 - 5].

In Tab. 2-4 sind häufig zitierte Schätzungen über das Vorkommen der angesprochenen Krankheiten zusammengestellt, die sich allerdings in erster Linie auf Erhebungen aus England und den USA stützen können [8 - 13].

Nach KRÖLING arbeiten in der Bundesrepublik etwa 2,5 Mill. Personen im Alter über 14 Jahre in klimatisierten Gebäuden [14]. Würde man nur die vorsichtigste der eben vorgestellten Schätzungen für die Bundesrepublik übernehmen (3% aller Beschäftigten erkranken an einem Befeuchterfieber und weitere 3% an einer Befeuchterlunge), so würden sich für jedes Krankheitsbild 75 000 Krankheitsfälle errechnen, ohne Berücksichtigung der Legionärskrankheit und des Pontiac-Fiebers.

Zur Vermeidung dieser mikrobiell bedingten Risiken beim Betrieb raumluft-technischer Anlagen wird primär das Einbringen von Bioziden in Befeuchterwasser und Rückkühlwerk empfohlen; zahlreiche Wasserbehandlungsmittel sind auf dem Markt (Tab.5). Da bisher der Einsatz dieser Mittel nicht im Rahmen eines Gesetzes wie des Bundes-Seuchengesetzes und mit amtlicher Prüfung gesehen wird, erfolgt durch das BGA auch keine Prüfung auf Brauchbarkeit. Auch im Rahmen anderer hier verwalteter Gesetze und Verordnungen erfolgt, sofern es sich nicht um neue Chemikalien im Sinne des Chemikaliengesetzes handelt, keine Anmeldung.

Das heißt: das in-den-Handel-bringen dieser Substanzen erfolgt ausschließlich in Eigenverantwortung der Hersteller. In diese Eigenverantwortung fallen auch toxikologische und ökotoxikologische Bewertungen der Produkte, verbunden mit der Einschätzung, eventuell mit dem Einsatz der Produkte verbundener Risiken. Entsprechend den Ausführungen der Gefahrstoffverordnung müssen allerdings potentielle Gefahren, wie sie bei gebräuchlicher Handhabung und Verwendung auftreten können, auf Etikett bzw. Sicherheitsdatenblatt vermerkt sein [15]. Hier sind aber in erster Linie Gefahren angesprochen, wie sie beim Umgang mit diesen Substanzen bei der Herstellung und Verwendung und zur dortigen Unfallverhütung von Interesse sind; d.h. es liegen für die eingesetzten Biozide vor allem Daten zur akuten Toxizität sowie Informationen über ätzende oder reizende Eigenschaften vor. Eine chronische Belastung, wie sie für Beschäftigte in klimatisierten Räumen gegeben sein kann, wenn Produktbestandteile mit dem Luftstrom in die klimatisierten Räume gelangen und dort - wenn auch eventuell nur in geringen Mengen - über längere Zeiträume inhaliert werden, läßt sich anhand dieser Daten nicht toxikologisch bewerten. Diese Exposition muß aber, durchaus angenommen werden [16].

Zusätzlich zu den Daten zur akuten Toxizität sind deshalb auch Langzeitinhalationsstudien neben Untersuchungen auf mutagene und cancerogene Wirkungen sowie Daten über allergisierende bzw. sensibilisierende Eigenschaften erforderlich.

Nach eingehendem Literaturstudium ergibt sich diesbezüglich folgendes Bild: Für die meisten der oben genannten Biozide kann eine befriedigende toxikologische Bewertung aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht durchgeführt werden.

Zu den von uns in Berlin untersuchten Mitteln kann folgendes gesagt werden [16, 17]:

Die Untersuchungen zeigen, daß unter bestimmten Bedingungen nennenswerte Beträge der Biozide in die Raumluft eingetragen werden. Wir fanden die Methylisothiazolone in der Raumluft aller diesbezüglich untersuchten Gebäude, d.h. sie wurden offensichtlich - eventuell verteilt als Aerosol - mit dem Luftstrom in die klimatisierten Räume getragen. Die ermittelten Raumluftgehalte liegen bei maximal $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Chlormethylisothiazolon bzw. $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die unchlorierte Komponente. Bezüglich einer Wirkung auf den Atemtrakt liegen neben Daten zur akuten Toxizität lediglich Ergebnisse aus einer 90 Tage dauernden Inhalationsstudie an der Ratte vor. Hier wurden noch bei einer Konzentration von $1,15 \text{ mg Aktivsubstanz}/\text{m}^3$ (a.i.) die Symptome einer Rhinitis beobachtet, während bei $0,34 \text{ mg a.i.}/\text{m}^3$ keine Effekte mehr festzustellen waren (no observed effect level, NOEL) [16].

Die Ermittlung einer für die Nutzer von klimatisierten Räumen noch tolerierbaren Raumluftkonzentration könnte eventuell in Anlehnung an das ADI-Konzept erfolgen: Traditionell wird dafür der experimentell ermittelte NOEL durch einen Faktor 100 dividiert, der sich aus einem Faktor 10 zur Berücksichtigung der Unterschiede Tier-Mensch und einem weiteren Faktor 10 zur Berücksichtigung unterschiedlicher Empfindlichkeiten innerhalb der heterogenen menschlichen Population zusammensetzt. Für die Methylisothiazolone würde sich so eine noch "tolerierbare Konzentration" in der Größenordnung von $1-5 \mu\text{g a.i.}/\text{m}^3$ errechnen. Die bei unseren Felduntersuchungen in 11 Untersuchungsgebäuden gemessenen Biozid-Konzentrationen (bis maximal $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bedeuten somit per se keine akute Gesundheitsgefährdung für die Raumnutzer. Würde allerdings bei sehr niedrigen, winterlichen Außentemperaturen und nach Vorgaben der Hersteller korrekter Zudosierung der Biozideintrag in die Raumluft regelmäßig um einen Faktor 2-4 oder darüber ansteigen, so wäre infolge der zu erwartenden Überschreitung des oben genannten Toleranzwertes sowie auch aufgrund der unsicheren Datenlage zur chronischen Toxizität der Substanzen der Rückschluß auf gesundheitliche Unbedenklichkeit nicht mehr uneingeschränkt aufrechtzuerhalten.

Der von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe 1991 erstmals für die beiden Methylisothiazolone (im Verhältnis 3:1 chlorierte/nichtchlorierte Komponente) festgelegte MAK-Wert liegt bei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [18]. Die für die Festlegung von Maximalen Arbeitsplatz-Konzentrationen für Arbeitsstoffe ausschlaggebenden Kriterien lassen sich jedoch nicht ohne weiteres auf die Arbeitsplatzbedingungen, z.B. in einem Bürogebäude oder in einer Schule/Universität übertragen. Hinzu kommt, daß die beiden Isothiazolone ein nicht unbedenkliches hautsensibilisierendes Potential besitzen, wie sich mehrfach sowohl am Versuchstier als auch beim Menschen nachweisen ließ. So wird der Einsatz der isothiazolonhaltigen Formulierung Kathon (R) in Kosmetika zunehmend kritischer beurteilt. FUCHS [19] bzw. FROSCHE und SCHULZE - DIRKS [20]

berichteten, daß unter den Personen, die an einer allergischen Kontaktdermatitis leiden und auf Kathon - Sensibilisierung getestet worden waren, 5,8% bzw. 3,4% positiv reagierten. Ähnliches wird auch aus anderen Ländern berichtet [21].

Tierexperimentelle Versuchsansätze, aus denen ein sensibilisierendes Potential bei inhalativer Exposition abgeleitet werden könnte, existieren nicht, Untersuchungen am Menschen liegen nicht vor.

Eine toxikologische Bewertung der anderen von uns untersuchten Biozide ist kaum möglich. Auch für 2,2'Dibromo-2-cyanoacetamid (2,2'Dibromo-3-nitrilopropionamid) sind hautsensibilisierende Wirkungen beschrieben. Die einzige vorliegende inhalationstoxikologische Untersuchung - hier wurde über 6 Stunden Luft durch eine wässrige Lösung, die 2000 ppm Dibromocyanoacetamid enthielt, gezogen und Ratten ohne sichtbare Effekte dieser Luft ausgesetzt - ist nicht interpretierbar, da Angaben über die aufgetretenen Luftkonzentrationen fehlen [22].

Bezüglich Dithiol liegt, über Daten zur akuten Toxizität (Angaben zur letalen Toxizität, LD₅₀) hinaus nur eine 90-Tagesstudie an Ratten bei oraler Verabreichung in Konzentrationen zwischen 1,5 und 7,5 mg/kg vor [23]. Klinisch und laborchemisch wurden außer Entzündungen in der (Vor)Magenschleimhaut keine Veränderungen gesehen. Diese Mucosaveränderungen wurden direkten lokalen Einwirkungen der Testsubstanz zugeordnet, da diese mit der Schlundsonde verabreicht worden war. Die Substanz ist leicht hautreizend und wirkt stark reizend auf das Kaninchenauge.

Neben der toxikologischen Bewertung der genannten Biozide wurde in unserem Forschungsvorhaben eine begleitende mikrobiologische Wirksamkeitsüberprüfung dieses Biozideinsatzes durchgeführt. Der Einsatz der Biozide erfolgt durch den Betreiber zur Verhinderung einer stärkeren Verkeimung des Befeuchterwassers. Nach unseren Untersuchungen muß jedoch, zumindest was den praktischen Einsatz dieser Mittel bei einem nennenswerten Teil der Anlagen anbetrifft, davon ausgegangen werden, daß eine ausreichende biozide Wirkung nicht einmal gegen die humanpathogenen Legionellen gewährleistet ist. Es muß bezweifelt werden, daß das Auftreten der eingangs erwähnten Krankheitsbilder so tatsächlich wirksam verhindert werden kann [16, 17, 24].

Diese durch Untersuchungen gewonnene Ergebnisse erstaunen umso mehr, als in zahlreichen DIN-Normen, VDI-Richtlinien u.ä. Merkblätter gesundheitsrechtliche Anforderungen, sowie Installation, Betrieb und Überwachung von RLT-Anlagen als umfassend geregelt erscheinen:

- so ist in DIN 1946 Teil 2 Raumlufttechnik - Gesundheitstechnische Anforderungen festgehalten [25]: "Um das Wachstum von Bakterien, Pilzen und Protozoen in Luftbefeuchtern bekämpfen zu können, sollen diese so gestaltet sein, daß sie in allen Teilen, einschließlich Tropfenabscheidern, für eine gründliche Reinigung und eine eventuelle Desinfektion zugänglich sind. Das Wasser für Luftbefeuchter darf nur physikalisch oder mit nachweislich toxikologisch unbedenklichen Stoffen behandelt werden".

- die VDI-Richtlinie 8303 empfiehlt für die Beschaffenheit des Sprühbefeuchters (Luftwäschers) im Umlaufwasser für Normalanforderungen eine Keimzahl < 1000 KBE/ml bzw. für Datenverarbeitungsbereiche von < 100 KBE/ml und unter 10 KBE/ml für Befeuchtung sog. Steril/Reinräume [26].

- die VDI-Richtlinie 3801 gibt Hinweise zur Bedienung, Überwachung und über Qualifikationsvoraussetzungen des Betriebspersonals [27], während
- das VDMA Einheitsblatt 24 186 das Leistungsprogramm für die Wartung beschreibt [28].

Es muß unseres Erachtens ein neuer Weg gesucht werden, um die Möglichkeit einer Krankheitsübertragung im weitesten Sinne über RLT-Anlagen, sog. Klimaanlage, sicher zu minimieren.

Nach § 1 Bundesseuchengesetz sind "übertragbare Krankheiten im Sinne dieses Gesetzes durch Krankheitserreger verursachte Krankheiten, die unmittelbar oder mittelbar auf den Menschen übertragen werden können." [29]

SCHUMACHER führte bereits 1987 aus [30], daß die Legionellose eindeutig zu den übertragbaren Krankheiten in diesem Sinne zu rechnen sei und alle anderen Bestimmungen des Bundes-Seuchengesetzes anwendbar seien, auch die Generalklausel des § 10, Abs. 1 nachdem "die zuständige Behörde die notwendigen Maßnahmen zur Abwendung der dem einzelnen oder der Allgemeinheit hierdurch drohenden Gefahren" trifft.

Nicht zuletzt durch die Schwere des verursachten Krankheitsbildes der Befeuchterlung erscheint eine Anwendung des Bundes-Seuchengesetzes unseres Erachtens auch hier gerechtfertigt. Welche Maßnahmen nach § 10, Abs. 1 im Einzelfall tatsächlich sinnvoll und zweckmäßig sind - zu denken wäre eventuell an eine regelmäßige behördlich angeordnete Überwachung einschließlich Beprobung der Wässer - mußte im weiteren überlegt werden.

Darüber hinaus ist dann folgerichtig nötig, daß Mittel bzw. Verfahren, die zur Aufrechterhaltung eines befriedigenden Hygienezustandes in Befeuchterwässern bzw. Rückkühlwerken von RLT-Anlagen eingesetzt werden in Zukunft strengeren Kriterien einer Prüfung auf Brauchbarkeit unterworfen werden; sei es, daß sie z. B. beim BGA mit entsprechenden Auflagen gemeldet werden müssen, sei es, daß sie wo möglich analog den Richtlinien der DGHM geprüft und in entsprechende Listen übernommen werden [31].

Eine derartige Anmeldung bzw. Prüfung von mikrobizid wirksamen Zusätzen zu Befeuchterwässern mußte aus hygienischer Sicht aus 3 Teilen bestehen und folgendes sicherlich enthalten:

1. Mikrobiologische Wirksamkeitsprüfung:

- **Untersuchungen unter Laborbedingungen** mit Einbeziehung für die Fragestellung repräsentativer Keime; so mindestens

1 Keim, der sich im Wasser solcher Systeme vermehren kann,

z. B. *Pseudomonas aeruginosa*, sowie

Legionellen, da sie aerogen ein unmittelbares Gesundheitsrisiko darstellen und sich unter anderem mit Organismen vergesellschaften können (Amöben, Algen) und

mindestens ein weiterer häufig in Befeuchterwässern nachgewiesener Mikroorganismus wie ein Pilz oder ein Protozoon.

Diese Untersuchungen sollen bei optimalen Bedingungen (pH-Wert 7 bis 8,5; keine zusätzliche organische oder anorganische, d.h. wirksamkeitshemmende Belastung) durchgeführt werden. Nur Mittel, die hier ausreichend Wirksamkeit zeigen, sollten weiter getestet werden. Wie der Literatur und unseren Untersuchungen zu entnehmen, würden Methylisothiazolone in den zur Zeit praktisch infrage kommenden Konzentrationen bereits hier keine ausreichende Wirkung gezeigt haben. Einen Vorschlag für solche Modelluntersuchungen haben wir vor kurzem in Münster vorgetragen [32].

- **Untersuchungen unter Praxisbedingungen.** Hier wird an eine, ggf. branchenspezifische Wiederholung der o.g. Laborversuche unter Simulation der wirklichen Belastung der Wässer mit bestimmten Produktionsstoffen gedacht. Solche Untersuchungen möchten wir jetzt durchführen.

2. Chemische Wirksamkeitsprüfung:

- Beschreibung von Nachweismethoden für die Biozide in (Innenraum)luft und Befeuchter/Rückkühlwasser im relevanten Konzentrationsbereich
- Nachweis, ob Übertritt in die Innenraumluft erfolgt
- Untersuchungen zur Beständigkeit im wässrigen Medium

3. Toxikologische Wirksamkeitsprüfung:

Bei (möglichem) Übertritt des Biozides in die Raumluft Herreichung geeigneter toxikologischer Unterlagen wie z.B. über Untersuchungen zur inhalativen Toxizität, auf sensibilisierende/allergisierende Wirkungen, und auf Mutagenität zur gesundheitlichen Bewertung möglicher Expositionen. Die bislang überwiegend vorgelegten toxikologischen Daten wie sie z.B. im Sicherheitsdatenblatt enthalten sind, reichen hier sicher nicht aus.

Der in zu vielen Anlagen, trotz der o.g. Vielzahl von Richtlinien und Empfehlungen anzutreffende hygienisch bedenkliche Zustand erfordert unseres Erachtens zuerst eine verbesserte Prüfung von Seiten der Hersteller der Biozide. In einigen der oben genannten Richtlinien enthaltene Empfehlungen führen offenbar in der Praxis eher zu Mißverständnissen, als zu verbessertem Hygieniezustand. So wird z.B. in der VDI-Richtlinie 3803 bezüglich der Verkeimung der Befeuchterwässer folgendes angemerkt: "Voraussetzung für geringe Verkeimung ist ein dunkler (lichtdichter) Luftwäscher". Dies darf nicht zu der Annahme verleiten, daß es in dunklen Räumen nicht zur Verkeimung kommt!

Aus grundsätzlichen hygienischen Erwägungen heraus, muß der Einsatz von Bioziden so gering wie hygienetechnisch möglich sein. Voraussetzung dafür sind neben dem erwähnten Wirksamkeitsnachweis auch die Einhaltung der pH-Werte und die

Verminderung unspezifischer Mitteladsorption. Die Einhaltung der pH-Werte ist zu überwachen; eine Anmerkung in der genannten VDI-Richtlinie 3803 "bei Einsatz von Konditionierungsmitteln kann der optimale pH-Wert außerhalb des angegebenen Bereiches liegen" ist unseres Erachtens unbefriedigend. Der Hersteller/Vertreiber der Biozide hat auf die Einhaltung bestimmter pH-Bereiche deutlich hinzuweisen.

Ein weiterer Problem Punkt sind die Dosierungsempfehlungen. Sie sind offenbar nicht branchenspezifisch genug ausgearbeitet, wie dies sein müßte. Es gibt, je nach Standort der Anlage offenbar in sehr unterschiedlichem Maße stoffliche Belastungen im Befeuchterwasser, die zu einer unspezifischen Adsorption der Biozide und damit zu weitestgehender Wirkungslosigkeit führen können; oder aber es kann durch Übertritt der Substanzen in die Luft zu relevanten Konzentrationsverlusten im Befeuchterwasser kommen. Die Erhöhung der Biozidkonzentration oder Verkürzung des Dosierungsintervalles ist unseres Erachtens nur die zweitbeste Lösung, die zudem aus technischen Gründen offenbar nicht immer praktikabel wäre (Schaumbildung).

Ohne behördlich angeordnete Prüfungen des Betriebszustandes von RLT-Anlagen wird es nach unseren Erfahrungen, vor allem bei Beachtung des zu erwartenden vermehrten Einsatzes solcher Anlagen in der Elektronikindustrie, in sonstigem Gewerbe, in Museen etc. nicht gehen. Diese Überprüfungen sollten vom arbeitsmedizinischen Bereich oder Gesundheitsämtern und Hygiene-Instituten nach einem vergleichbaren Schema durchgeführt werden.

Literatur

1. Seifert, B.: Das Sick Building Syndrom. Öff. Gesundheits. Wes. 53 (1991), 376 - 382
2. Legionellen, Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problems; Hrsg. K. Seidel, E. Seeber und U. Hässelbarth. Schriftenreihe d. Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 72, G. Fischer Verlag Stuttgart/New York, 1987
3. Baur, X.: Befeuchterlunge und Befeuchterfieber. Dt. Ärztebl. 86 (1989), C 1864 - C 1868
4. Grimm, I.: Befeuchterfieber - Umwelt- oder Berufserkrankung? Allergologie 6 (1983), 419 - 425
5. Grün, L.: Befeuchterfieber - die Montagskrankheit durch Klimaanlage. Klima-Kälte-Heizung 3 (1981), 1025 - 1027
6. MRC-Symposium: Humidifier fever. Thorax 32 (1977), 653 - 663
7. Burge, P.S. et al.: Occupational asthma in a factory with a contaminated humidifier. Thorax 40 (1985), 248 - 254

8. Burge, P.S.: Medical and clinical investigation of the sick building syndrome and building related illness. Vortrag auf dem 4th Plenary Meeting "Epidemiology and Medical Management of Building-Related Complaints and Illnesses" der NATO/CCMS Pilot Study on Indoor Air Quality, 19. - 21.08.1991, Oslo
9. Ando, A. et al.: Japanese Summer-Type Hypersensitivity Pneumonitis. *Am Rev. of Respiratory Disease* 144 (1991), 765 - 769
10. US-EPA and American Lung Assoc.: Indoor Air Pollution, the primary - Care Physicians guide to signs and symptoms, sources, solutions. (in Vorbereitung)
11. Norbäck, D.: Epidemiology of principal building related diseases. Vortrag auf dem 4th Plenary Meeting "Epidemiology and Medical Management of Building - Related Complaints and Illnesses" der NATO/CCMS Pilot Study on Indoor Air Quality, 19. - 21.08.1991, Oslo
12. Banaszak, E. et al.: Hypersensitivity Pneumonitis due to Contamination of an Air Conditioner. *New Engl. J. of Med.* 283 (1970), 272 - 276
13. Hendrick, D.J.: Extrinsic allergic alveolitis in: *Oxford Textbook of Medicine*, 2. Edition, Volume I, ed. by D.J. Weatherall, J.G.G. Ledingham and D.A. Warrell. Oxford Medical Publications, Oxford, 1987
14. Kröling, P.: Zur Problematik des "sick building"-Syndroms. *Allergologie* 12 (1989), 118 - 129
15. Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) *Bundesgesetzblatt* 1991, Teil I 1932 - 1948
16. Nagorka, R., Roßkamp, E. und Seidel, K.: Zur Bewertung von Befeuchteranlagen im Rahmen der Raumklimatisierung. *Öff. Gesundh.-Wes.* 52 (1990), 168 - 173
17. Nagorka, R. und Bartocha, W.: Chemische und mikrobiologische Untersuchungsergebnisse von RLT-Anlagen in Berlin. In: *Legionellen: Neuere Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problems*. Hrsg. K. Seidel. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 91, G. Fischer Verlag, Stuttgart/New York, 1993
18. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und biologische Arbeitsstofftoleranzwerte; Mitteilung XXVII der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der deutschen Forschungsgemeinschaft, VCH Weinheim, 1991
19. Fuchs, T.: Aktuelle Kontaktallergene und ihre Perspektiven *Med. Welt* 37 (1986), 1305 - 1307

20. Frosch, P.J., Schulze-Dirks, A.: Kontaktallergie auf Kathon CG. *Hautarzt* 38 (1987), 422 - 425
21. De Groot, A.C., Herxheimer, A.: Isothiazolinone preservative: Cause of a continuing epidemic of cosmetic dermatitis. *Lancet* 11 (1989), 314 - 316
22. Technical Handbook for Dow Antimicrobial 7287 and Dow Antimicrobial 8536 DOW 1978, 1980
23. Kemper, F.H. et al.: Ninety-Day oral Toxicity Study in Rats with RYH 86 (Dithiol). Yoshitomi Pharmaceutical Industries, Osaka/Japan 1986
24. Nagorka, R., Roßkamp, E., Seidel, K., Ullrich, D. und Bartocha, W.: Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben "Biozidvorkommen in klimatisierten Räumen und toxikologische Bedeutung für den Nutzer" Sonderaufgabe Nr. 1322-518 aus Kapitel 1503, Titel 53202 des Bundesgesundheitsamtes, 1990
25. DIN 1946 Teil 2: Raumluftechnik - Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln) Januar 1983
26. VDI-Richtlinie 8308
27. VDI-Richtlinie 3801 - Betreiben von Raumluftechnischen Anlagen. Juli 1982
28. VDMA-Einheitsblatt 24186 - Lufttechnische Geräte und Anlagen - Leistungsprogramm für die Wartung, Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten (VDMA) Juni 1978
29. Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen (Bundes-Seuchengesetz) vom 18.12.1979 BGBl. I (1980), 2262
30. Schumacher, W.: Zur Frage der Anwendung des Bundesseuchengesetzes in: Legionellen, Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problems. Hrsg. K. Seidel, E. Seeber und U. Hässelbarth. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 72, G. Fischer Verlag Stuttgart/New York, 1987
31. Prüfung und Bewertung chemischer Desinfektionsverfahren - Anforderungen für die Aufnahme in die VII Liste. *Hygiene und Medizin* 9 (1984), 41 - 46
32. Seidel, K., Nagorka, R., Roßkamp, E. und Bartocha, W.: Hygienische Untersuchungen an RLT-Anlagen. 43. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, Münster, 30.09. - 02.10.1991

Tab. 1: Krankheitsbilder, die den "Gebäudebezogenen Krankheiten" zugeordnet werden

"BUILDING RELATED ILLNESS"

("Gebäudebezogene Krankheiten")

- Legionella - Pneumonie
- Pontiac Fieber
- andere Infektionskrankheiten
- Befeuchterfieber (Montagskrankheit)
- Befeuchterlunge (exog. allerg. Alveolitis)
- "Gebäudebezogenes Asthma"
- "Gebäudebezogene Rhinitis"
- durch Radon verursachter Lungenkrebs
- durch ETS verursachte Atemwegserkrankungen

Tab. 2: Schätzungen über das Vorkommen der Legionärskrankheit

LEGIONÄRSKRANKHEIT

- 5 % aller Pneumonien, davon 40 % Gebäuden zuzuordnen
 - Warmwasserversorgung und Gebäudeklimatisierung -(Burge 1991)
- 1 - 27 % aller Pneumonien (Finegold 1988)

Tab. 3: Schätzungen über das Auftreten des Befeuchterfiebers bei Beschäftigten in Bürogebäuden

BEFEUCHTERFIEBER

- bis über 25 % aller Beschäftigten in manchen klimatisierten Gebäuden (EPA und Amer. Lung Assoc, im Druck)
- 3 % aller Büroangestellten, wenn Befeuchter vorhanden (Robertson et al 1985)

Tab. 4: Schätzungen über das Auftreten des Krankheitsbildes einer Befeuchterlunge bei Beschäftigten in Bürogebäuden

BEFEUCHTERLUNGE

(Exogen - allergische Alveolitis)

- 3 % der im Rahmen "Kranker" Gebäude genannten Beschwerden/ Krankheiten erwiesen sich als exogen-allergische Alveolitis (Melius et al. 1984 für NIOSH).
- 15 - 52 % der Personen, die in kontaminierten Büros in den USA arbeiten (Banaszak 1970). Nach dem Oxford Textbook of Medicine 1987 könnte die Befeuchterlunge die häufigste Form der exogen-allergischen Alveolitis in industrialisierten Ländern werden.
- 4 % aller zwischen 1980 - 1990 aufgetretenen exog. allerg. Alveolitisfällen in Japan sind auf künstliche Raumklimatisierung zurückzuführen (Ando et al. 1991).
- 1 - 5 % der in Büroräumen Beschäftigten erkranken an einer Befeuchterlunge (US-EPA und Amer. Lung Assoc, im Druck).

Tab. 5: Daten zur akuten Toxizität einiger in Wasserbehandlungsmitteln zum Einsatz kommender Biozide

Substanz	akute Toxizität
Dichlorophen CAS-Nr. 97-23-4	LD ₅₀ oral Ratte 2,69 g/kg
2,2-Dihydroxy- 5,5'-Dichlordiphenyldisulfid CAS-Nr. 97-24-5	LDL ₀ i.p. Maus 280 mg/kg
2-Methylisothiazolone (Gemisch aus 2-Methyl- 3(2H)-isothiazolon und 5-Chloro-2-methyl-3(2H)- isothiazolon) CAS-Nr. 2682-20-4, 26172-55-4	LD ₅₀ oral Ratte 300 mg/kg LD ₅₀ dermal Kaninchen 900 mg/kg LC ₅₀ inhalativ Ratte 9,73 mg/kg
Oligohexamethylenbiguanid	LD ₅₀ oral Ratte 650 bis 4000 mg/kg
Dimethyloxyzolidin CAS-Nr. 51200-87-4	LD ₅₀ oral Ratte 950 mg/kg LD ₅₀ dermal Kaninchen 1400 mg/kg
Wasserstoffperoxid CAS-Nr. 7722-84-1	LC ₅₀ inhalativ Ratte 2 g/m ³
2,2'-Dibromo-2-cyano- acetamid CAS-Nr. 10222-01-2	LD ₅₀ oral Ratte 63 bis 126 mg/kg
2,2'-Dibromo-2-nitroethanol CAS-Nr. 69094-18-4	keine Angaben
3H-1,2-Dithiolon, 4,5-dichloro CAS-Nr. 1192-52-5	keine Angaben
Gemisch aus Silber- und Kupferionen	keine Angaben

Vorkommen und Bedeutung von Legionellen in Kraftwerkskühlsystemen

H.-P. Werner u. M. Pietsch

Naßkühltürme von Kraftwerken arbeiten nach dem Prinzip eines offenen Kühlsystems. Bei einem typischen Naturzug-Naßkühlturm werden pro Sekunde 60 t Wasser im Kühlkreislauf umgewälzt. Aus dem verdampfenden Kühlwasser bilden sich im Schwaden pro Sekunde 30 kg Rekondensationstropfen. Zusätzlich werden trotz Tropfenabscheider pro Sekunde noch 6 kg Kühlwassertropfen im Luftstrom mitgerissen. Mitgerissene Kühlwassertropfen sind die entscheidenden Größen für den Austrag von chemischen Stoffen und Mikroorganismen, darunter auch Legionellen. Voraussetzung für eine sachlich orientierte Bewertung eventueller Risiken durch den Betrieb von Naßkühltürmen ist die Kenntnis der jeweiligen Konstruktion und Betriebsart der Anlage. Fundierte Übersichten hierzu wurden von verschiedener Seite [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] zusammengestellt.

Konstruktion und Betriebsarten der Naßkühltürme von Kraftwerken in anderen Ländern sind nicht ohne Einschränkungen auf die Gegebenheiten der Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland übertragbar. Auffällig sind starke Unterschiede in der Aufbereitung sowie Konditionierung und damit Qualität des Umlaufwassers; auch ist an einigen im Ausland untersuchten Kühltürmen der Anteil mitgerissenen Wassers im Schwaden infolge insuffizienter oder gar fehlender Tropfenabscheider vergleichsweise hoch.

Verkompliziert wurde die Diskussion über die Bedeutung von Kraftwerks-Kühltürmen für die Epidemiologie der Legionellose durch die falsche Übersetzung des Begriffes "cooling tower". Im englischsprachigen Raum bezieht er sich auf kleine Rückkühlanlagen und Kühlaggregate, wie sie im öffentlichen und industriellen Bereich zur Raumluftkonditionierung und Maschinenkühlung verwendet werden. Infolge hoher und oft unkontrollierter Eindickung und damit Anreicherung von Nährstoffen kann es zu einer massiven Vermehrung von Legionellen kommen. Diese Emittenten befinden sich an oder auf Gebäuden, wodurch deren Aerosole direkt über offene Fenster, sowie indirekt über Ansaugöffnungen von Be- und Entlüftungsanlagen in Gebäude eingetragen und somit Passanten sowie Personen infiziert werden können. In Untersuchungen derartiger Rückkühlanlagen konnten auch wir [8] saisonabhängig je nach Konstruktion, Betriebsart und Wartung Legionellen in unterschiedlichen Konzentrationen nachweisen. Über Epidemien durch solche Anlagen ist in größerer Zahl berichtet worden; EHRET

[9] hat dazu eine Übersicht erstellt. In der Bundesrepublik Deutschland wurde über Fälle von "Legionärskrankheit" schon 1983 erstmals berichtet [10].

Es existieren keine Berichte, wonach Erkrankungen bewiesenermaßen mit dem Betrieb von Naßkühltürmen in Zusammenhang zu bringen sind. In zwei Publikationen wurde über Legionella-Infektionen in Kraftwerken berichtet. In einem Fall [11] handelte es sich um eine kleine Rückkühlanlage auf einem Kompressorhaus in einem Kraftwerksgelände - also ohne Zusammenhang mit dem Naturzug-Naßkühlturm. Im anderen Fall [12] war die Ursache der Infektionen das arbeitsmedizinisch bedenkliche Reinigen von Rohrleitungen eines Dampfturbinen-Kondensators mit Hochdruck-Sprühgeräten ohne Atemschutz. 10 Arbeiter erkrankten an Pontiac-Fieber.

Epidemiologisch von Interesse ist eine 1985 von BUEHLER et al. [13] publizierte Studie mit Antikörperuntersuchungen bei 206 Beschäftigten eines Kohlekraftwerkes in Georgia im Jahre 1982. In dem seit 1976 betriebenen Kraftwerk (2 x 880 MW) wird das Wasser über zwei 17 m hohe Zellenkühler (je 9 Zellen) gekühlt (Volumenstrom pro Zelle: 675 m³/min). Chlor wird dem Umlaufwasser zur Algenbekämpfung zugesetzt. Die untersuchten Personen wurden je nach ihren Aktivitäten in der direkten Umgebung der Kühlanlagen in drei Gruppen (geringe, mittlere und starke Exposition) eingeteilt. Gegen zwei aus dem Kühlwasser isolierte Legionellen (L. pneumophila Serogruppe 6 und ein nicht typisierbarer Stamm) wurden die Seren der Beschäftigten auf Antikörper untersucht. Keiner aus der Gruppe mit geringer, 4,6 % aus der Gruppe mit mittlerer und 7,6 % der Personen mit starker Exposition hatten Titer von 1 : 128 gegen L. pneumophila Serogruppe 6. Ein ähnlicher, jedoch nicht statistisch signifikanter Trend war gegenüber dem zweiten Isolat nachweisbar. Gleichzeitig durchgeführte Erhebungen über abgelaufene Erkrankungen erbrachten keine Häufungen, was auch bei dem unspezifischen grippeähnlichen Bild eines Pontiac-Fieber nicht zu erwarten war. Die Ergebnisse der Studie lassen aber auf eine Immunreaktion infolge Inhalation Legionellen-haltiger Aerosole aus der Kühlanlage schließen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist mit einer Verbreitung infektiöser Aerosole auf große Entfernungen zu rechnen, wenn auch gesicherte Beweise nicht vorliegen. Aus der Epidemiologie eines Legionellose-Ausbruches in Glasgow 1984 wäre auf eine Verbreitung der Keime durch ein Rückkühlwerk bis zu einer Entfernung von 1.700 m zu schließen. Jedoch fehlt der Beweis, wonach das betreffende Legionellen-Reservoir tatsächlich die Keimquelle war [14]. Als gesichert ist aber die Ausbreitung in der freien Atmosphäre aufgrund der 1978 in Memphis abgelaufenen Epidemie einzustufen [15].

Das geringe Infektionsrisiko durch Naßkühltürme ist jedoch nur durch Beachtung bestimmter Kriterien gegeben. Einige Grundlagen der Legionellen-Ökologie sind dabei zunächst hervorzuheben, da sie für das Modell Naßkühlturm Bedeutung haben: Allgemein bekannt ist der Nachweis von Legionellen an Stellen mit Algenvorkommen [16], eine meist leicht ausschaltbare Symbiose. In der Natur vorkommende Legionellen vermehren sich optimal bei Temperaturen zwischen 25 - 45 °C, pH-Werten von 5,5 - 9,2 und Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff zwischen 6,0 - 6,7 mg/l [17,18, 19, 20]. Diese Angaben schließen nicht aus, daß auch unter anderen Bedingungen Legionellen isoliert wurden, wenn sie nicht abstarben. Viele Studien weisen auch auf die vermehrungsfördernde Wirkung bestimmter Metalle, insbesondere von Eisen hin [21, 22,

23, 24]. Optimal für eine Vermehrung scheinen Konzentrationen von 25 - 50 mg Fe/l zu sein; Eisen löst sich in Wasserbehältern infolge Korrosion. Nach Untersuchungen von STATES et al. [25], STOUT et al. [26] sowie WADOWSKY et al. [27, 28] vermehren sich unter diesen Bedingungen auch eine Reihe von sog. Nicht-Legionella-Bakterien. Dazu gehören Flavobakterien, Pseudomonaden, Alcaligenes spec. und Acinetobacter spec. Ihre Stoffwechselprodukte stehen somit für das Wachstum der Legionellen zur Verfügung.

In das Kreislaufsystem gelangen die Legionellen aus dem Flußwasser. Aus Untersuchungen an verschiedenen Entnahmeorten von Flüssen in der Bundesrepublik Deutschland wissen wir [29], daß unterschiedliche Legionellen-Arten weit verbreitet sind (Abb. 1). Die bei wiederholten Probenahmen aus denselben Kühlsystemen nachgewiesenen gleichartigen Legionellen lassen auf eine kühlturnspezifische Flora schließen, deren Art und Anzahl offenbar durch die Aufbereitungs- und Betriebsbedingungen sowie die Konstruktion des Kühlturmes bedingt sind. Demzufolge sind unter Zugrundelegung der genannten Fakten über die Legionellen-Ökologie und aufgrund eigener Erfahrungen bei der Untersuchung derartiger Anlagen bei Konstruktion und Betrieb von Naßkühltürmen folgende Prinzipien zu beachten:

1. Ziel muß es sein, den Keimgehalt im Kreislaufwasser nicht über den des Vorfluters ansteigen zu lassen - und dies ohne Zusatz von Mikrobiziden oder Algiziden! Ein solcher Zusatz würde nicht nur die Problematik des Austrages von Chemikalien im Schwaden verstärken, sondern auch infolge verstärkter Korrosion zu einem Anstieg der Begleitflora und damit indirekt der Legionellen-Konzentration führen. Daher ist unbedingte Voraussetzung eine sachgerechte Aufbereitung des Zusatz- und damit Kreislaufwassers nach dem letzten Stand der Technik. Insbesondere ist durch Fällungsmethoden der Nährstoffeintrag in den Kreislauf zu reduzieren. Die Aufbereitungsanlagen müssen jedoch vollständig abgedeckt sein, wodurch eine Algenvermehrung noch besser zu reduzieren ist. Infolge unzureichender Aufbereitung des Zusatzwassers stellten wir in einem Kreislauf eines Naturzug-Naßkühlturmes einen massiven Anstieg des Legionellen-Gehaltes fest (Abb. 2).

2. Ein besonderes Konstruktionsrisiko deckten wir in Zusammenarbeit mit Prof. Wurz, TH Karlsruhe, im Bereich des Diffusors eines Kreuzstromkühlers auf (Abb. 3). Die vom Ventilator abgeschleuderten Tropfen prallten infolge der hohen Geschwindigkeiten in diesem Bereich wieder auf den Ventilatorflügel. In diesem sekundären Kreislauf stellten wir eine Anreicherung von Nährstoffen mit massiver Keimvermehrung und nachfolgend hohem Keimaustrag fest, der nicht mit dem Keimgehalt im Kreislaufwasser korrelierte. Durch ein einfaches Rinnensystem konnte das abgeschleuderte Wasser abgeleitet werden - eine Maßnahme, die als Nachrüstung bei derartigen Anlagen zu empfehlen ist.

3. Infolge starken Bewuchses an der Innenseite der Betonoberfläche eines Naturzug-Naßkühlturmes fielen plattenartig biologische Beläge auf den Tropfenabscheider (Abb. 4). Die Keimvermehrung in dieser Schicht war die Ursache für hohen Legionellen-Gehalt im Schwaden des Kühlturmes. Aufgrund dieser Erkenntnis ist eine Oberflächen-

beschichtung des Betons auch auf der Innenseite von Naturzug-Naßkühltürmen zu fordern.

4. Auch bei Konstruktionen derartiger Anlagen sind die im Trinkwasserbereich altbekannten Grundlagen zu berücksichtigen. Beispielsweise ist ein direkter Lichteinfall mit der Folge verstärkter Algenvermehrung zu verhindern. Daher sind offene Wasserverteilungen und Wasserbecken abzulehnen. Aus Algenaufschwemmungen der oft meterlangen Algenfahnen im "Regenbereich" verschiedener Kühltürme isolierten wir Legionellen mit einem Keimgehalt von bis zu 10^4 /ml. Bekanntlich ist schon durch Schalldämpferkulissen bei der Luftansaugung der Lichteinfall und damit das Algenwachstum zu reduzieren. Insbesondere bei Neuentwicklungen von Kühltürmen niedriger Bauart mit der Notwendigkeit des Einbaus von Schalldämpferkulissen im Schwadenbereich ist durch entsprechende Anordnung und Konstruktion der Einbauten auch jegliche Wasseransammlung mit dem Risiko einer Keimvermehrung zu verhindern. Nach Beratung bei derartigen Konstruktionen und umfangreichen Kontrollmessungen ist bekannt, daß diese Risiken vermeidbar sind.

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren werden für die Errichtung und den Betrieb von Naßkühltürmen besondere Auflagen erteilt und entsprechende Überprüfungen durch die Aufsichtsbehörden der Bundesländer gefordert. Hierfür sind die genannten Kriterien im Bereich der Gefährdung durch Legionellen eine wichtige Grundlage. Aufgrund unserer Erfahrungen bei solchen Überprüfungen ist bei neuen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland nicht mit einer Gefährdung der Bevölkerung durch Mikroorganismen zu rechnen, auch nicht durch Legionellen.

Literatur

1. Abwärmekommission: Auswirkungen von Kühltürmen. Verlag E. Schmidt, Berlin, 1983
2. Baer, E., Billing, J., Ernst, G., et al.: Mikrobielle Emission und Immission sowie Keimzahländerungen im Kühlwasser bei Betrieb von Naß-Kühltürmen. III. Mitteilung: Laboratoriumsuntersuchungen zur Bestimmung der Absterbekinetik von *Escherichia coli* in Kühlturmschwaden. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 169 (1979), 135 - 163
3. Borneff, J., Ernst, G., Werner, H.-P. und Wurz, D.: Mikrobielle Emission und Immission sowie Keimzahländerungen im Kühlwasser bei Betrieb von Naß-Kühltürmen. I. Mitteilung: Einführung in die Problemstellung. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 169 (1979), 1 - 38

4. Borneff, J., Ernst, G., Werner, H.-P., et al.: Mikrobielle Emission und Immission sowie Keimzahländerungen im Kühlwasser bei Betrieb von Naß-Kühltürmen. V. Mitteilung: Zusammenfassende Aussagen und Beurteilung. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 169 (1979), 206 - 223
5. Ernst, G., Leidinger, B.J.G., Natusch, K., et al.: Kühlturm und Rauchgas-Entschwefelungsanlage des Modellkraftwerkes Völklingen. Eigenschaften des Mischschwadens aus Rauchgas und Kühlturmschwaden. VDI Verlag, Düsseldorf, 1986
6. Ernst, G., Wurz, D. et al.: Naturzug-Naßkühlturm des Kernkraftwerkes Philippsburg (Block I). Untersuchungen des Betriebsverhaltens, der Emission und der Schwadenausbreitung. VDI Verlag, Düsseldorf, 1983
7. Werner, H.-P., Baer, E., Dibelius, G., et al.: Mikrobielle Emission und Immission sowie Keimzahländerungen im Kühlwasser bei Betrieb von Naß-Kühltürmen. II. Mitteilung: Meßmethoden, Emissionswerte und Keimzahländerungen im Kühlsystem. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 169 (1979), 39 - 134
8. Pietsch, M., Spielmann, M., Werner, H.-P.: Vorkommen von Legionellen in Wasserkreisläufen von Rückkühlanlagen. Hyg. + Med. 13 (1988), 229 - 232
9. Ehret, W.: Infektionen durch Legionellen. Die gelben Hefte 28 (1988), 136 - 145
10. L'Age, M., Horbach, I., Ulmrich, W., et al.: Legionärskrankheit bei einer Inland-Reisegruppe. Dtsch. med. Wschr. 108 (1983), 188 - 192
11. Bartlett, C.L.R., and Bibby, L.F.: Epidemic legionellosis in England and Wales 1979 - 1982. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 255 (1983), 64 - 70
12. Fraser, D.W., Deubner, D.C., Hill, D.L., Gilliam, D.K.: Nonpneumonic, short-incubation-period legionellosis (Pontiac fever) in men who cleaned a steam turbine condenser. Science 205 (1979), 690 - 691
13. Buehler, J.W., Sikes, R.K., Kuritsky, J.N., et al.: Prevalence of antibodies to Legionella pneumophila among workers exposed to a contaminated cooling tower. Arch. Env. Hlth. 40 (1985), 207 - 210
14. Anonymus: Outbreak of legionellosis in a community. Report of an ad-hoc-committee. Lancet II (1986), 197 - 199
15. Dondero, T.J., Rendtorff, R.C., Mallison, G.F., et al.: An outbreak of Legionnaires' disease associated with a contaminated air-conditioning cooling tower. N. Engl. J. Med. 302 (1980), 365 - 370

16. Tison, D.L., Pope, D.H., Cherry, W.B., Fliermans, C.B.: Growth on *Legionella pneumophila* in association with blue-green algae (cyanobacteria). *Appl. Environ. Microbiol.* 39 (1980), 456 - 459
17. Groothuis, D.G., Veenendahl, H.R., and Dijkstra, H.L.: Influence of temperature on the number of *Legionella pneumophila* in hot water systems. *J. Appl. Bact.* 59 (1985), 529 - 536
18. Lema, M.W., Brown, A., and Chen, G.C.C.: Altered rate of synthesis of specific peptides in *Legionella* in response to growth temperature. *Curr. Microbiol.* 12 (1985), 347 - 352
19. Schofield, G.M., Wright, A.E.: Survival of *Legionella pneumophila* in a model hot water distribution system. *J. Gen. Microbiol.* 130 (1984), 1751 - 1756
20. Wadowsky, R.M., Wolford, R., McNamara, A.M., Yee, R.B.: Effect of temperature, pH, and oxygen level on the multiplication of naturally occurring *Legionella pneumophila* in potable water. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 1197 - 1205
21. Bortner, C.A., Miller, R.D., Arnold, R.R.: Bactericidal effect of Lactoferrin on *Legionella pneumophila*. *Inf. Immun.* 51 (1986), 373 - 377
22. Hahn, T., Touganidou, D., Botzenhart, K.: Wachstum von *Legionella pneumophila* in Abhängigkeit von der Eisenkonzentration in Warmwassersystemen und Kulturmedien. Vortrag DGHM-Arbeitstagung, Mainz, 1986
23. Orrison, L.H., Cherry, W.B., Tyndall, R.L., et al.: *Legionella oakridgensis*: unusual new species isolated from cooling tower water. *Appl. Environ. Microbiol.* 45 (1983), 536 - 545
24. Reeves, M.W., Pine, L., Hutner, S.H., et al.: Metal requirements of *Legionella pneumophila*. *J. Clin. Microbiol.* 13 (1981), 688 - 695
25. States, S.J., Conley, L.F., Ceraso, M., et al.: Effects of metals on *Legionella pneumophila* growth in drinking water plumbing systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 1149 - 1154
26. Stout, J.E., Yu, V.L., Best, M.G.: Ecology of *Legionella pneumophila* within water distribution systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 221 - 228
27. Wadowsky, R.M., Yee, R.B.: Satellite growth of *Legionella pneumophila* with an environmental isolate of *Flavobacterium breve*. *Appl. Environ. Microbiol.* 46 (1983), 1447 - 1449

28. Wadowsky, R.M., and Yee, R.B.: Effect of non-Legionellaceae bacteria on the multiplication of *Legionella pneumophila* in potable waters. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 1206 - 1210
29. Werner, H.-P., Pietsch, M.: Bewertung des Infektionsrisikos durch Legionellen in Kühlkreisläufen von Kraftwerken. *VGB Kraftwerkstechnik* 71 (1991), 785 - 787

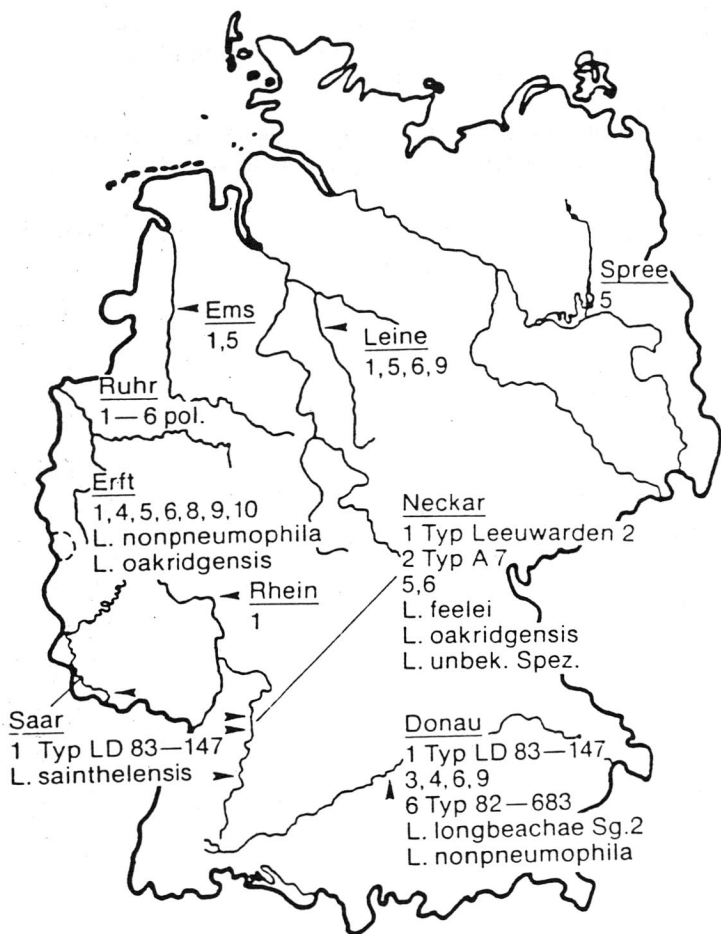


Abb. 1: Legionellen-Isolate aus verschiedenen Entnahmestellen in deutschen Flüssen.

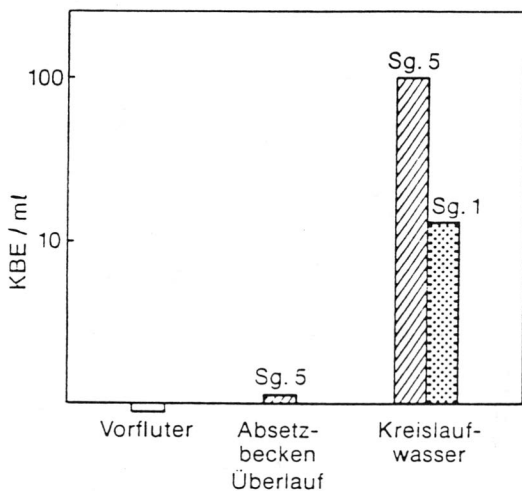


Abb. 2: Legionellen-Vermehrung im Kreislaufwasser eines Naturzug-Naßkühlturmes infolge unzureichender Wasseraufbereitung

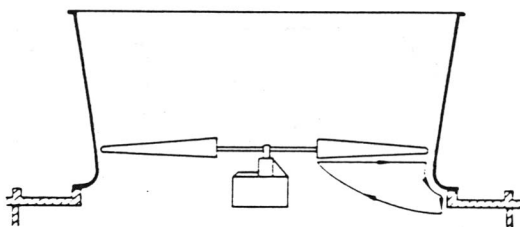


Abb. 3: Nährstoffanreicherung mit massiver Keimvermehrung im Bereich des Diffusors eines Kreuzstromkühlers infolge Bildung eines sekundären Kreislaufes.

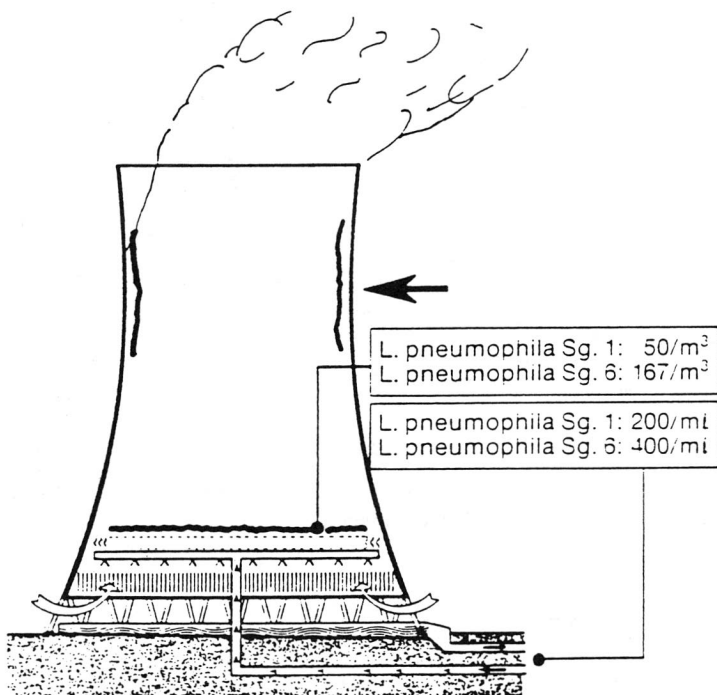


Abb. 4: Hoher Legionellengehalt im Schwaden eines Naturzug-Naßkühlturmes: an der Innenseite des Kühlturmes bildeten sich biologische Beläge, die zeitweilig auf den Tropfenabscheider fielen, von wo die Legionellen mitgerissen wurden.

Praktische Erfahrungen zur Bekämpfung von Legionellen in Kühlwasserkreisläufen durch Wasserkonditionierungsmaßnahmen

R. Germann, W.-D. Henkels und C. J. Challinor

Wachstumsbeeinflussende Faktoren für Legionellen

Legionellen sind ein natürlicher Bestandteil der Mikroflora des Wassers. Sie werden in einer Vielzahl von Wässern nachgewiesen. Somit ist auch in Warmwasserinstallationsystemen und wasserführenden technischen Systemen mit dem Vorkommen von Legionellen zu rechnen.

Verschiedene Faktoren begünstigen und beeinflussen das Wachstum von Legionellen und sollen hier kurz vorgestellt werden:

Temperatur

Das Vorkommen von Legionellen wird in starkem Maße von der Wassertemperatur beeinflusst. Sie können zwar im kalten Wasser vorkommen, sich dort aber nicht erkennbar vermehren. Mit steigender Temperatur des Wassers nimmt bei etwa 30 °C ihre Vermehrungsrate bis zu 45 °C zu, ab etwa 55 °C sinkt die Nachweishäufigkeit der Keime ab. Der optimale Temperaturbereich für Legionellen liegt somit etwa bei 30 - 50 °C. Es ist anzumerken, daß Legionellen auch im Temperaturbereich über 55 °C nachgewiesen worden sind.

pH-Wert

Das Wachstumsoptimum für Legionellen liegt bei 6,8 - 7,2.

Korrosion

Eisensalze sind notwendig für das Wachstum von Legionellen. Somit begünstigt Korrosion auch das Wachstum von Legionellen, weil bei der Korrosion Eisenionen in Lösung gehen.

Steinablagerungen

Steinablagerungen sind die lokalen Fällungen von Kalziumcarbonat. Die Tendenz zu Ablagerungen ist abhängig von der Konzentration der Härtebildner, der Alkalität, des pH-Wertes, der Oberflächen und der Temperatur. Neben dem schlechteren Wirkungsgrad der Anlagen begünstigt das Auftreten von Ablagerungen die Entwicklung von Legionellen.

Allgemeine Ablagerungen - "Fouling"

Neben anorganischen Ablagerungen treten auch organische Ablagerungen auf, wie z.B. durch

- Staub/Schwebstoffe,
- Schlamm,
- biologisches Material wie Insekten, Pollen oder Pflanzenmaterial.

Durch diese Ablagerungen, unter denen dann auch wieder Korrosion stattfinden kann, wird die mikrobielle Aktivität begünstigt und damit auch die Vermehrung von Legionellen gefördert.

Mikrobiologischer Schleim

Die Bedingungen in einem Kühlwasserkreislauf wie Wassertemperatur, pH-Wert, Vorhandensein von Nährstoffen, gelöster Sauerstoff bei gleichzeitigem Vorhandensein von großen Oberflächen begünstigen das Wachstum von Mikroorganismen. Es kommt zur Ausbildung von Biofilmen. Ein Biofilm ist eine Schicht von Mikroorganismen, die in einer Schleimmatrix auf einer Oberfläche angesiedelt ist. Biofilm ist ein potentieller Nährboden für Legionellen.

Algen und Amöben

Das Vorhandensein von Algen und Amöben begünstigt die Vermehrung von Legionellen. Legionellen können in Protozoen wachsen und werden in Amöbenzysten gefunden. Dies erschwert zusätzlich die Diagnostik, da selbst eine Ultraschallbehandlung nur eine partielle Freisetzung aus den Cysten bewirkt.

Isolierungsmethode für Legionellen

Die Wahrscheinlichkeit, Legionellen neben anderen Mikroorganismen zu finden, ist um so größer, je mehr Legionellen vorhanden sind. Legionellen beanspruchen komplex zusammengesetzte Kulturmedien. Da es sich bei Legionellen um Bakterien handelt, die sich meso- bis thermophil verhalten, nutzt man diese Eigenschaft aus, um die Begleitflora zu unterdrücken.

Die relative Säurestabilität wird ebenfalls dazu benutzt, die vorhandene Begleitflora zu unterdrücken. Die Vorbehandlung erfolgt bei pH 2,2.

Die Isolierung erfolgt in folgenden Einzelschritten:

1. Absaugen der Probe über einen Membranfilter und Resuspension der Biomasse in der Originalprobe.
2. Ausstrich/Ausspateln der Suspension auf Aktivkohle-Hefeextrakt-Agar (CYE) und auf BCYE-Agar; dieser enthält zusätzlich Cystein und Ketoglutarat. Außerdem werden stets Antibiotika zugegeben, um die Begleitflora zu unterdrücken.
3. Parallel dazu werden Proben mit HCL-KCL Puffer (pH 2,2) für 5 min. behandelt und anschließend auf BCYE-Agar gegeben.
4. Eine weitere Probe wird hitzebehandelt, 60 °C für 5 min. und anschließend ebenfalls auf BCYE-Agar gegeben.
5. Die Platten werden bei ausreichender Luftfeuchtigkeit bei 37 °C bebrütet. Die Ansätze werden täglich kontrolliert. Die maximale Inkubationszeit beträgt 14 Tage.

6. Isolate, die auf BCYE-Agar mit Zusätzen in typischer Form wachsen, aber nicht auf dem Basis-(CYE)-Agar, sind Legionellen und können als Einzelkolonien mit anderen Methoden oder serologisch weiter untersucht werden.

Praktische Ergebnisse

Ergebnisse über Erfahrungen zur Bekämpfung von Legionellen in Kühlsystemen sind überwiegend aus Großbritannien zu erhalten. Nur vereinzelt sind Untersuchungen in Deutschland durchgeführt worden.

Bei allen untersuchten Systemen waren Ventilatorkühlsysteme vorhanden. Es handelte sich sowohl um Kreisläufe für Kältemaschinen, z.B. Schraubenverdichter, "Turbos" für "Klimaanlagen" als auch um Kreisläufe für industriellen Bedarf, z.B. Mantelkühlung bei Reaktionskesseln oder Elektrodenkühlung bei der metallverarbeitenden Industrie.

Betrachten wir zunächst Großbritannien.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß wir bei ca. 11.000 durch uns untersuchten Systemen in Großbritannien im Zeitraum 1989 - 1991 bei 3 - 5 % Legionellen nachweisen konnten.

Vergleicht man die Ergebnisse im einzelnen, so stellt man fest, daß speziell in den heißen Sommermonaten 1989, 1990 und 1991 jeweils ein starker prozentualer Anstieg an Legionellen zu verzeichnen war, wo hingegen in den kalten Monaten jeweils ein starker Rückgang festgestellt wird (Abb.1). Erklären läßt sich dies durch in den warmen Monaten für Legionellen günstigere Bedingungen. Die Temperaturen im Systemwasser steigen an. Die Gefahr der Ablagerung, sowohl organischer als auch anorganischer Natur nimmt zu. Die Systemhalbwertszeiten nehmen ab und damit verbunden wird die nötige Kontaktzeit der Mikrobizide bei der ausreichenden Wirkkonzentration für Mikroorganismen nicht mehr erreicht.

In Deutschland wurden von unserem Unternehmen in enger Zusammenarbeit mit den Hygieneinstituten Heidelberg und Mainz einige Systeme in Süddeutschland ausgewählt und untersucht. In ca. 30 % der untersuchten Proben war die Untersuchung auf Legionellen positiv. Auf die Auswahlkriterien wird später noch einmal eingegangen.

Gegenüberstellung der untersuchten Kühlkreisläufe

1. Großbritannien

In Großbritannien schlossen sich die Hersteller von Wasserkonditionierungschemikalien zusammen und haben einen "Code of Practice" festgelegt, woraus ausreichend überwachte und behandelte Systeme resultieren.

Die Korrosionsraten sollen nach diesem "Code of Practice" unter 0,13 mm/a liegen, wodurch auch die Eisenwerte selbst bei hoch eingedickten Systemen nicht über 1 mg/l ansteigen.

Das Kalziumgleichgewicht soll über 0,9 liegen. Das Kalziumgleichgewicht errechnet sich aus dem Kalzium des Umlaufwassers und des Zusatzwassers sowie der Eindickungszahl und gibt an, ob der Kalk in Lösung stabilisiert wird oder ob Ausfällungen auftreten, die wiederum zu Belägen führen. Bei einem Kalziumgleichgewicht von unter 0,9 ist mit Belägen zu rechnen.

Durch das Rohwasser können Schwebstoff und Schmutz in das System gelangen, aber auch durch das Waschen der Luft im "Kühlturm" wird Staub und Schmutz eingesaugt und durch die Verdunstung und damit verbundene Eindickung angereichert. Damit Schwebstoffe nicht zu Ablagerungen ("Fouling") führen, wird der Einsatz von geeigneten Dispergiermitteln, (z.B. Polycarboxylate) im "Code of Practice" zwingend vorgeschrieben.

Die Koloniezahl soll unter 5×10^4 KBE/ml liegen.

Im "Code of Practice" ist zweimal jährlich, im Frühjahr und Herbst, eine Desinfektion mit Chlor vorgesehen. Dabei soll folgendermaßen verfahren werden:

1. Mit 5 ppm freiem Chlor soll über 6 Stunden der Kreislauf behandelt werden.
2. Der Kreislauf ist danach zu entleeren und mechanisch sind die Ablagerungen und Schmutz zu entfernen.
3. Den Kreislauf mit Wasser befüllen und weitere 6 Stunden mit 5 ppm Chlor behandeln.

All die eben geschilderten Maßnahmen führen zu dem Resultat, daß 3 - 5 % der Proben Legionella-positiv waren.

2. Deutschland

Da uns in Deutschland diese Zusammenhänge von Großbritannien bekannt waren, wählten wir für unsere Untersuchungen Systeme aus, die nicht ausreichend überwacht bzw. ungenügend oder gar nicht behandelt waren. Bei diesen Systemen ergab sich folgende Situation im Vergleich zu der in Großbritannien.

Bei 17 % der Systeme war Korrosion verbunden mit Eisenwerten von über 1,4 mg/l vorhanden.

Bei 25 % der Systeme war ein starker Algenbewuchs vorhanden.

Bei 9 % der Systeme war die Strömungsgeschwindigkeit unter 0,2 m/s.

Bei 17 % der gefundenen positiven Ergebnisse war keine Konditionierung durchgeführt worden.

Bei 32 % der legionelleninfizierten Kühlsysteme wurden Schleimablagerungen gefunden. Das heißt, das mikrobiologische Wachstum war nicht ausreichend kontrolliert.

Welche Möglichkeiten stehen zur Verfügung, um das Risiko unkontrollierten Wachstums von *Legionella spec.* zu minimieren?

Der erste und sehr wichtige Schritt ist, sich mit dem System zu beschäftigen und eine Systemanalytik zu betreiben. Dies führt zu Kenntnissen über den Aufbau des Systems, chemische Wasserzusammensetzung und den mikrobiologischen Status. Daran lassen sich Überlegungen anschließen, die zu einer Minimierung des Risikos führen. Hierbei steht eine Frage im Vordergrund:

Wie können die technischen Systembedingungen optimiert werden?

Dieser Punkt ist immer zuerst so optimal als möglich zu behandeln. Bei der Planung sind die Werkstofffragen zu beachten. Es ist darauf zu achten, daß die Strömungsgeschwindigkeiten ausreichend sind. Dabei sollten Werte von 1 m/s nicht unterschritten werden. Rohrbündelwärmeaustauscher sind mantelgekühlten Wärmeaustauschern vorzuziehen.

Eine Teilstromfiltration ist zu installieren, um Schwebstoffe zu entfernen. Die Teilstromfiltration sollte so dimensioniert sein, daß der Schwebstoffanteil im Wasser 5 - 10 mg/l nicht überschreitet. Eine Abschlammung bzw. Absalzautomatik ist anzubringen, damit keine unkontrollierbaren Aufkonzentrierungen der Salze eintreten kann, was zu Ablagerungen führt. Eine automatisch arbeitende Dosier- und Kontrollvorrichtung, welche die nötigen Chemikalien appliziert, ist zu installieren.

Eine apparative Wasseraufbereitung, Filtereinrichtung, Ionenaustauscher und Kalkmilchcentkarbonisierung sind mit in die Überlegungen einzubeziehen.

Diese Liste könnte noch weitergeführt werden und ist von Anlage zu Anlage zu modifizieren.

Nachdem unter technischen Gesichtspunkten das System optimiert ist, sollte der Einsatz von chemischen Hilfsmitteln diskutiert werden.

Um Korrosion zu verhindern, muß ein Korrosionsschutz durchgeführt werden. Dies geschah früher überwiegend mit Zink und Phosphat. Heute werden die natürlichen Inhaltsstoffe des Wassers, wie z.B. Kalziumcarbonat und Hydrogencarbonat ausgenutzt, um bei der sogenannten rein organischen Kühlwasserconditionierung einen Korrosionsschutz zu erzielen. Dabei ist eine optimale Steininhibierung Voraussetzung, damit keine Ablagerungen auftreten. Ablagerungen führen durch Belüftungselementbildung, d.h., Stellen mit unterschiedlichem Sauerstoffgehalt zu verstärkter Korrosion.

Wie schon bei der Optimierung der Systembedingungen erwähnt, soll wie auch vom Verband der Chemischen Industrie (VCI) empfohlen, eine Teilstromfiltration primär der Belagsverhinderung ("Fouling") entgegenwirken. Zusätzlich sollte aber ein ausreichend biologisch stabiles Dispergiermittel eingesetzt werden.

Wie bereits erwähnt, waren 32 % der von uns in Deutschland untersuchten Kühltürme, bei denen ein positives Ergebnis verzeichnet war, mit organischem Schleim behaftet. Es ist also der Einsatz von Mikrobiziden nötig. Befindet sich auf der Oberfläche eine Schleimschicht, so wirken Mikrobizide nur ungenügend, weil ein Eindringen in die Schicht nur bedingt möglich ist. Mikrobizide sollen deshalb immer mit Biodispersatoren kombiniert werden, um ein Durchdringen und Ablösen des Schleims zu ermöglichen.

Mikrobizid-Programm

Um den Einsatz von Mikrobiziden zur Unterdrückung und Bekämpfung von mikrobiellem Wachstum optimal durchführen zu können, sind umfangreiche Kenntnisse über das zu behandelnde System notwendig. Im einzelnen lassen sich folgende Punkte aufzählen:

1. Systemvolumen

Das Systemvolumen sollte möglichst genau bekannt sein. Dies ist wichtig, damit Konzentrationen von Zusatzstoffen kalkuliert werden können.

2. Systemhalbwertszeiten

Unter der Systemhalbwertszeit verstehen wir die Zeit, bis das Systemvolumen zur Hälfte ausgetauscht ist.

3. Wirkstoffkonzentration

Jedes Mikrobizid hat gegen einen bestimmten Keim eine minimale Hemmkonzentration. Hierbei ist allerdings zwischen der bakteriostatischen und bakteriziden Hemmkonzentration zu unterscheiden. Um einen bestimmten Keim an der Vermehrung zu hindern, muß mindestens die bakteriostatische Hemmkonzentration aufrechterhalten werden. In der Praxis werden allerdings bakterizide Konzentrationen eingesetzt, um die nicht erwünschte Mikroorganismenflora abzutöten. Dies wird durch Stoßdosierung erreicht.

4. Kontaktzeit

Um Mikroorganismen erfolgreich abzutöten, spielt die Kontaktzeit zwischen Organismus und Mikrobizid eine wichtige Rolle. Ist die Kontaktzeit zu gering, tritt die gewünschte Wirkung nicht oder nur ungenügend ein. Bei der Beurteilung der Kontaktzeit spielt natürlich die Kenntnis der Systemhalbwertszeit eine wichtige Rolle.

5. Alternierendes Programm

Wie bereits ausgeführt, begünstigt ein vorhandener mikrobieller Biofilm die Vermehrung von Legionellen. Somit ist es notwendig, die Vermehrung von Mikroorganismen und damit die Bildung von Biofilmen durch den Einsatz von geeigneten Mikrobiziden zu minimieren. Da nicht jeder Wirkstoff gegen jeden Mikroorganismus gleich wirksam ist, findet beim Einsatz eine Selektierung der Mikroorganismenflora statt. Aus diesem Grunde ist es oft notwendig, einen alternierenden Wechsel von verschiedenen Wirkstoffen durchzuführen, um ein möglichst breites Wirkungsspektrum zu erzielen.

6. Gegen Legionellen wirksame Produkte

Neben dem Einsatz von Breitbandmikrobiziden zur Kontrolle der allgemeinen mikrobiellen Aktivität ist es bei der speziellen Bekämpfung von Legionellen natürlich notwendig, Produkte einzusetzen, die gegen Legionellen wirksam sind. Dabei wird besonderer Wert auf niedrige Einsatzkonzentrationen und kurze Kontaktzeiten Wert zu legen sein.

Heute stehen Produkte zur Verfügung, die von anerkannten Wissenschaftlern und Instituten auf ihre Wirksamkeit gegen Legionellen geprüft wurden.

Begleitende Maßnahmen

Es wurden eine Reihe von Möglichkeiten aufgezeigt, die uns heute zur Verfügung stehen, um das Risiko unkontrollierten Wachstums von Legionellen zu minimieren.

Neben der Optimierung der technischen Systembedingungen und dem Einsatz von Wasserkonditionierungsprodukten und Mikrobiziden sind aber noch weitere wichtige begleitende Maßnahmen notwendig.

1. Regelmäßige Wasseruntersuchungen sind notwendig, um einen gesicherten Überblick über den Zustand des Systems zu erhalten.
2. Die Meßergebnisse der Wasseruntersuchungen können nicht einfach als Meßdaten im Raum stehen. Erst die ausführliche Beratung durch geschulte Serviceingenieure zeigt die Möglichkeit auf, wie ein System sinnvoll und wirksam behandelt werden kann.
3. Kühlwasserkreisläufe sollten 2 x jährlich routinemäßig auf das Vorhandensein von Legionellen untersucht werden, um rechtzeitig potentielle Gefahren zu erkennen und geeignete Maßnahmen zu ergreifen.
4. Schulung von Anlagenbetreibern durch die Hersteller von Wasserkonditionierungsmitteln.

Abschließend läßt sich sagen, daß es durch die aufgezeigten Maßnahmen möglich ist, das Risiko der Vermehrung von Legionellen in Kühlwasserkreisläufen zu minimieren.

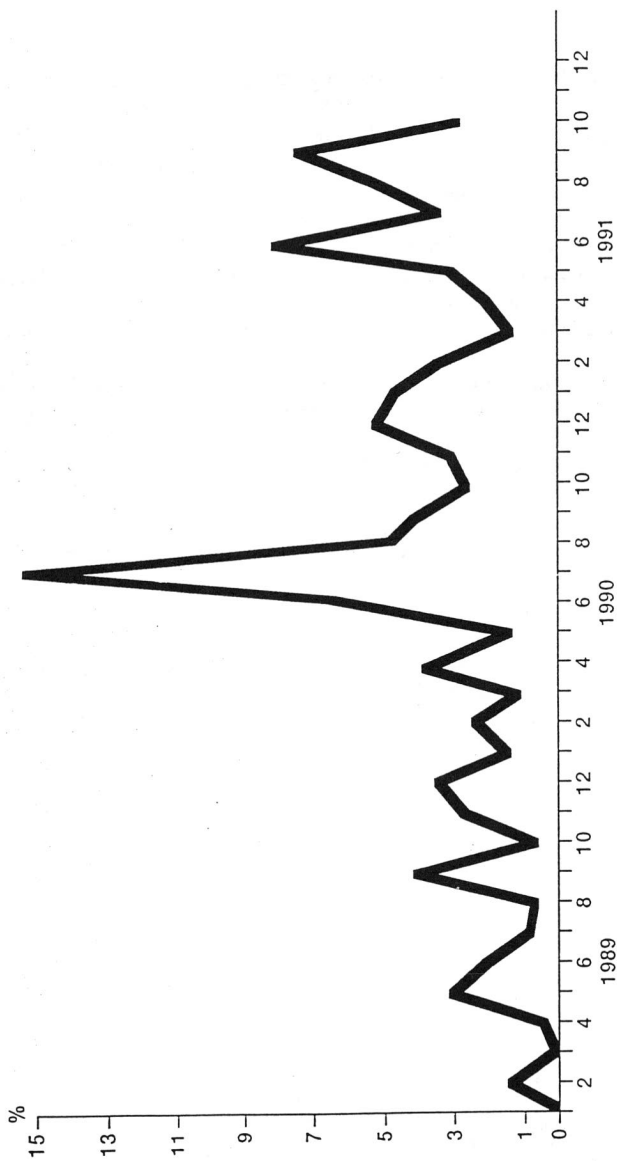


Abb. 1: Untersuchungsergebnisse auf Legionellen in Großbritannien von 1989 - 1991

**Umwelthygienische Aspekte der Kontrolle
von Legionellen
Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation
(WHO)
Regionalbüro für Europa, Kopenhagen 1986***

Allgemeines:

- Die Evidenz für epidemiologische Beziehungen zwischen akuten respiratorischen Erkrankungen und Umweltbedingungen sollte ständig aktualisiert werden. Eine Bibliographie über entsprechende Berichte sollte jährlich erscheinen.
- Regelmäßige Untersuchungen von bestimmten wasserführenden Systemen auf das Vorkommen von Legionellen sollten nicht durchgeführt werden, da die gegenwärtigen Methoden noch nicht anzeigen, welche hygienische Signifikanz der Nachweis dieser ubiquitär verbreiteten Bakterien hat.
- Rückkühlwerke, Kühlregister (Luftkühler) sowie Warm- und Kaltwassersysteme sollten soweit wie möglich von Belägen, Schlämmen, "Kesselstein" und anderen Ablagerungen freigehalten werden. Sie sollten regelmäßig und nach einem festzulegenden Schema kontrolliert und gereinigt werden.

RLT-Anlagen

- Mit Wasser betriebene Luftbefeuchter von RLT-Anlagen (raumlufttechnischen Anlagen) wurden bis jetzt noch nicht direkt mit dem Ausbruch von Legionellen in Verbindung gebracht; wahrscheinlich ist die Betriebstemperatur im Allgemeinen zu niedrig. Aus Gründen der Sicherheit, jedoch auch aus wirtschaftlichen Gründen, sollten solche Geräte jedoch nur dort eingesetzt werden, wo sie unverzichtbar sind. Sie sollten peinlichst sauber gehalten werden.

* übersetzt aus: Environmental Aspects of the Control of Legionellosis. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Environmental Health, 14 (1986).

siehe jetzt auch: Bulletin of the World Health Organization, 68, 2, (1990), 155 - 164

- Luftbefeuchter in Wohn- und Arbeitsräumen wurden mit dem Auftreten von Legionellen in Verbindung gebracht, weshalb ihr Gebrauch soweit wie möglich eingeschränkt werden sollte. Falls erforderlich, sollten nur Geräte verwendet werden, die keine Aerosole produzieren und eine leichte Reinigung ermöglichen.
- Für Hochrisikobereiche in Krankenhäusern und vergleichbaren Institutionen/Gebäuden sollten immer Dampfbefeuchter benutzt werden.
- "Luftwäscher" wurden bis jetzt noch nicht mit dem Ausbruch von Legionellen in Verbindung gebracht. Dennoch sollten sie regelmäßig gewartet und in einem sauberen Zustand gehalten werden, um Risiken zu vermeiden.
- Nicht oder nur unregelmäßig benutzte Belüftungssysteme sollten entweder entfernt oder so umgebaut werden, daß stagnierendes Wasser, in welchem Bakterien wachsen können, vermieden wird.
- Zur Gewährleistung der erforderlichen guten Wartung und leichten Reinigung der Anlagen und Geräte sollte ausreichend Raum zur Verfügung stehen.
- Alle Verbindungen zwischen RLT-Anlagen sowie Luftkühlern zu Abflußleitungen sollten einzeln und mit Rohrbelüftern verlegt sein.
- Für Rückkühlwerke/Kühlregister sollten die Hersteller detaillierte Anweisungen für Betrieb und Reinigung der Anlagen entwickeln. Diese Instruktionen sollten von den Anwendern strikt befolgt werden.
- Im Hinblick auf Erfordernisse der Wasseraufbereitung für Rückkühlwerke sollten sich die Betreiber nur an Spezialfirmen wenden.

Warmwassersystem/Trinkwasserversorgung

- Warmes Wasser sollte nicht bei Temperaturen unter 60 °C aufbewahrt und nicht bei Temperaturen unter 50 °C verteilt werden; eine ggf. erforderliche Verringerung der Warmwassertemperatur am Auslaß sollte durch Thermostatventile reguliert werden, um zu vermeiden, daß Wasser bei Temperaturen, welche das Wachstum von L. pneumophila begünstigen, aufbewahrt wird.
- Es sollten Duschen entwickelt werden, in denen nach Gebrauch kein Wasser bei Temperaturen von weniger als 50 °C stagnieren kann.
- Leitungen und Behälter für kaltes Trinkwasser sollten gegen Wärmeübertragung isoliert sein. Sie sollten so kühl wie möglich gehalten werden, entfernt von Warmwassersystemen und Heizungssystemen.

Maßnahmen im Verdachtsfalle von Infektionsübertragungen

- Jeder Ausbruch von Legionella-Infektionen sollte untersucht werden, um die Ursache gezielt zu identifizieren sowie schnelle und akurate Kontrollmaßnahmen ergreifen zu können.
- Wenn der Verdacht auf eine Übertragung von Legionellen durch Rückkühlwerke oder Wassersysteme besteht, sollten die folgenden Maßnahmen getroffen werden:
 - (a) Entwässern des Systems und mechanische Reinigung unter Vermeidung der Aerosolbildung. Reinigungsmaßnahmen sollten nur durch Personal ausgeführt werden, welches entsprechende Schutzmasken trägt. Die Reinigung sollte Filter und Ionenaustauscher einschließen.
 - (b) Wiederbefüllen und Chlorung mit 5 bis 10 mg freiem Chlor pro Liter für 48 Stunden. Kontrolluntersuchungen für die Wirksamkeit der durchgeführten Desinfektion auf Legionellen sind durchzuführen.
 - (c) Sorgfältiges Spülen der Einrichtungen und Befüllen mit Trinkwasser, welches 1,5 bis 2 mg freies Chlor pro Liter enthält.

Erforderliche Forschungen

- Methoden zur besseren quantitativen Bestimmung des Vorkommens von Legionellen in der Umwelt und zur Bewertung ihres pathogenen Potentials müssen entwickelt werden.
- Unternehmen von Schritten, um infrage kommende Umweltbereiche so zu verändern, daß Legionellen sich dort nicht vermehren können.

Zu den vorstehend aufgeführten Empfehlungen der WHO muß bemerkt werden, daß sich diese nur auf die bis 1985 als markanteste Beispiele bekannter Epidemien beziehen. Da in der Epidemiologie der Legionellen auch sporadische Fälle eine große Rolle spielen, können die Empfehlungen nur als Grundlage betrachtet werden, deren Aufzählung nicht als vollständig angesehen werden kann. Es bleibt von Fall zu Fall zu beurteilen, ob ein gesundheitliches Risiko durch Legionellen bestehen kann; dieses wird sich vorerst neben den Dispositionsfaktoren des Menschen in erster Linie an Temperatur und Einwirkdauer des aerosolisierten Wassers, sowie der Nähe und Intensität des Kontaktes zu orientieren haben.

Anmerkungen zur Legionellenproblematik In Deutschland

K. Seidel

Legionellen stellen ohne Zweifel in Deutschland die zur Zeit wichtigste mikrobiologisch-hygienische Herausforderung aus der Umwelt dar. Dies deshalb, weil die Erkrankungen ausschließlich über legionellenkontaminierte Wässer aus der Umwelt auf den Menschen übertragen werden. Ein im Untersuchungsvolumen völlig legionellen-freies Wasser kann beim Menschen unter keinen Umständen die Erkrankungen verursachen. Damit soll gleich einleitend deutlich gemacht werden, daß wir die technischen Möglichkeiten im Regelfall soweit nutzen müssen, den Legionellengehalt im Wasser auf das, bei uns in Trinkwasserressourcen vorkommende natürliche Niveau zu begrenzen.

Seit 15 Jahren stehen diese Bakterien erst im Blickpunkt einer zunehmend breiteren Öffentlichkeit. Mit Öffentlichkeit sind sowohl die Fachpresse und die fachlichen Bemühungen verschiedener betroffener Systemhersteller, als auch die der Öffentlichkeit allgemein zugänglichen Medien wie Fernsehen, Zeitung und Radio gemeint. Es hat bereits eine Vielzahl von Berichten über Erkrankungen und Todesfälle aus aller Welt gegeben.

Umso bedenklicher ist es daher, wenn es im Bundesgesundheitsamt und sicher auch andernorts 1993 noch immer verunsicherte Anfragen über Legionellose von Leuten gibt, welche das Problem von Berufs wegen längst kennen müßten. Aus Deutschland gibt es bereits seit Anfang der 80-er Jahre recht umfangreiche klinische Untersuchungen [1] und einen ersten Bericht über eine Epidemie in Westfalen [2]. Im letztgenannten Fall handelte es sich um eine Reisegruppe aus der 4 Teilnehmer erkrankten und von denen einer verstarb.

Vielleicht auch wegen des "exotischen" Namens den die Erkrankungen von 1976 in Philadelphia erhielten ("Legionärskrankheit"), war eine rasche Verbreitung der bald gesammelten Kenntnisse bei uns leider nicht zu bemerken. Man sollte diesen Namen auch besser meiden.

Es müssen hier keine Dinge aus den vorhergehenden Arbeiten wiederholt werden, aber es war z.B. in der Wissenschaft sehr bald bekannt, daß nicht alle Legionellen gleichermaßen virulent, d.h. infektionsverursachend sind [3]. Leider gibt es bis heute kein routinemäßig anzuwendendes Verfahren, welches im Labor eine Unterscheidung der Isolate schnell und zuverlässig erlaubt. **Daraus ergibt sich leider eine hygiene-technisch**

wichtige Konsequenz. Dort wo sich die Legionellen sehr gut vermehren können und nichts zur Begrenzung ihrer Vermehrung in Systemen getan wird, können sich eben auch zum Zeitpunkt x die hochgradig infektiösen Legionellen unbemerkt vermehren und zu den hinreichend bekannten Konsequenzen führen.

Weiterhin wußte man bald, daß sich diese Keime in Süßwässern weltweit verbreitet finden und bei bestimmten Temperaturbereichen günstige Vermehrungsmöglichkeiten in der Umwelt bestehen [4]. Diese Vermehrungstemperaturen sind in damaliger Unkenntnis über Legionellen bei extrem vielen alten Anlagen aber auch Neuentwicklungen bei uns und in vielen anderen technisierten Ländern vorhanden, z.T. technisch gar nicht vermeidbar (z.B. whirl pool) und wurden wohl auch noch bis vor wenigen Jahren in der Warmwasserversorgung weiter so eingebaut. Für Neuanlagen gibt es zumindestens in einigen Bereichen (W 551) jetzt Technische Regeln des DVGW zum hygienisch sicheren planen und bauen. Tun wir alle durch konstruktive Vorschläge unser bestes, daß die Technische Regel für die hygienisch sichere Umrüstung der bestehenden Warmwasserversorgungen auch bald erscheint.

Man wußte auch sehr bald von den 2 verschiedenen Verlaufsformen einer Legionella-Infektion (Legionellose), der bereits erwähnten schweren, therapiebedürftigen Lungenentzündung - mit etwa 6000 bis 7000 errechneten Fällen pro Jahr in Deutschland (alte Länder) - und dem milde verlaufenden Pontiac-Fieber (weltweit ohne Fallzahlen, von Epidemien abgesehen). Aus den neuen Ländern gibt es ebenfalls schon seit längeren Jahren Berichte über Erkrankungen. Dies war auch nicht anders zu erwarten.

Rasch folgten auch Kenntnisse über mögliche Beziehungen zwischen dem Vorkommen von Legionellen und anderen Mikroorganismen wie Amöben, Algen und anderen Bakterien [5].

Aus den rasch gewonnenen Erkenntnissen folgten zuerst vor allem in England und Wales, aber auch lokal in den USA und dann auch bei uns die ersten Hinweise für hygienetechnische Präventionsmaßnahmen: Warmwasserversorgung größerer Gebäude, Teile von raumluftechnischen Anlagen (offene Rückkühlwerke und Umlaufsprühbefeuchter), Warmsprudelbecken (whirl pools), aber auch Systeme wie die dentaltechnischen Einheiten. Bei größeren Warmwassersystemen zeigte sich z.B. bald, daß Speichertemperaturen von 60°C und konsequente Wärmedämmung, sowie den technischen Regeln entsprechendes, bedarfsgerechtes Auslegen der Anlagen erfolgreich sind. In Zusammenarbeit mit BGA, DVGW und vielen anderen Beteiligten entstand so für Neuanlagen zur Warmwasserversorgung das bereits erwähnte Arbeitsblatt W 551 des DVGW [6]. Für die erforderliche Sanierung der vielen bestehenden Anlagen ist eine Forderung zu stellen. Es dürfen nur Verfahren aufgenommen werden, die durch ausreichende und qualifizierte Untersuchungen in ihrer Wirksamkeit als dauerhaft zuverlässig belegt sind und entsprechend wissenschaftlicher Kritik standhalten.

Diese Forderung gilt im Prinzip auch für die anderen Systeme, bei denen Legionellenkontaminationen zum hygienischen Risiko werden können. Es ist daher größte Vorsicht geboten, wenn "Patentrezepte", von wem auch immer, angeboten werden z.B. für whirl pools und RLT-Anlagen. Nicht selten sind diese sogar in einigen Zeitschriften veröffentlicht werden; es fehlt allerdings immer der qualifizierte mikrobiologische Unter-

suchungsbericht unter Praxisbedingungen. Dies muß dem Leser ein deutliches Warnsignal sein.

Als Warnung vor allzu gutgläubigem Umgang z.B. mit bestimmten Mitteln möge eine, ebenfalls seit 10 Jahren bekannte englische Veröffentlichung dienen. Dort wurde, für Rückkühlwerke von RLT-Anlagen, ausführlich beschrieben, daß nur Versuche unter praxisnahen oder Praxisbedingungen eine zuverlässige Aussage über die Wirksamkeit der Präparate, deren Dosierung und Dosierungsintervalle erlauben; **Analogieschlüsse zum Verhalten anderer gramnegativer Stäbchenbakterien wie z.B. *E. coli* sind wegen der ökologischen Besonderheiten von Legionellen keinesfalls zulässig und daher verhängnisvoll** [7].

Unter anderem hatte auch das BGA bereits anläßlich der 1. Fachtagung 1986 über z.B. Fehlversuche zur Entfernung von Legionellen trotz sehr hoher Chlork Dosen, optimalem pH-Wert, sowie langer Einwirkzeit aus Warmwasserversorgungssystemen berichtet [8].

Die Schwere des Krankheitsbildes und die sich offenbar nur langsam verbreitenden Kenntnisse über diese Erkrankung haben uns 1986 veranlaßt, in Berlin den breiteren Kreis von Personen verschiedenster Fachrichtungen für 2 Tage mit Hilfe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. zusammenzubringen. Dabei wurde auch aus (seuchen)rechtlicher Sicht deutlich gemacht, daß der seit 1979 geltende § 10, Absatz 1 des Bundes-Seuchengesetzes ohne jeden Zweifel auf die Prävention der Legionellose-Übertragung anzuwenden ist [8]. Dem BGA sind auch aus Deutschland mehrere Rechtsstreite bekannt, bei denen z.T. schwerst gesundheitlich geschädigte Menschen oder die Angehörigen von Verstorbenen klagen.

Es bleibt weiterhin mehr als bedauerlich, daß wir noch immer nicht wenigstens ein, dem englischen bzw. walisischen System vergleichbares relativ einfaches Verfahren zur Erfassung von Legionellosen besitzen! Die Landesgesundheitsbehörden sind hier, sicher auch in Zusammenarbeit mit dem Bund gefordert, eine irgendwie geartete Meldepflicht endlich auf den Weg zu bringen.

Das BGA hat 1987 eine Stellungnahme veranlaßt. Ziel dieser Veröffentlichung [9] war es, eine breitere Öffentlichkeit sowohl auf das Problem an sich, als auch seine Verbreitung im Zusammenhang mit bestimmten technischen Systemen (Trinkwasserversorgung, Warmsprudelbecken und Raumluftechnische Anlagen) **bei uns** aufmerksam zu machen. Diese BGA-Mitteilung von 1987 konnte das Problem nicht völlig umfassend darstellen, zum anderen mußten die Beispiele für Abhilfemöglichkeiten unvollständig bleiben. Der Zweck wurde dennoch weitestgehend erreicht, die Öffentlichkeit wurde in geeigneter Form auf dieses Problem aufmerksam gemacht. Es wurde letztlich auch in den betroffenen Branchen über das Problem und bessere Lösungsmöglichkeiten intensiver nachgedacht.

Im Jahre 1988 erfolgte eine BGA-Mitteilung speziell für Krankenhäuser [10], die sich mit den hygienischen Problemen der Badeanlagen und Hydrotherapie, sowie der Warmwasserversorgung ausführlich befaßte. **In all diesen BGA-Mitteilungen steht für die Warmwasserversorgung großer Gebäude als Erfordernis: Warmwasserspeicher - 60°C, nicht höher, aber eben auch nicht niedriger!**

Bei den Badeanlagen wurde auch auf das Erfordernis der Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser eingegangen. Bei den besonders problematischen Warmsprudelbecken (u.a. Betrieb bei Körpertemperatur und damit ideal für Legionellen) ist nach früheren Untersuchungen des BGA z.B. eine regelmäßige desinfizierende Rückspülung der Filter unumgänglich, um die mit anderen Organismen im Filter vergesellschafteten Legionellen zuverlässig zu entfernen.

Es ist wiederum sehr bedauerlich, daß die für Schwimm- und Badebeckenwasser seit 1979 mögliche und endlich bundeseinheitliche Bedingungen schaffende Rechtsverordnung nach § 11 Bundes-Seuchengesetz durch offenbar nicht endende, in der Substanz überwiegend unbegründete Einsprüche, immer noch nicht in Kraft getreten ist. In dieser Verordnung soll auch eine begrenzte Untersuchung auf Legionellen enthalten sein. Die (im Gelbdruck 1993 vorliegende) Überarbeitung der DIN 19643 könnte dieses Problem der fehlenden Bundesverordnung für Bäderbetreiber und Behörden vorläufig wenigstens teilweise lösen helfen [11].

Die unbefriedigende Verbreitung der Kenntnisse über Legionellose schlug sich in einer 1987 durchgeführten Umfrage des BGA nieder. Auch wenn die Umfrage keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann und will, wird deutlich, daß es noch 10 Jahre nach der Philadelphia-Epidemie bezüglich der Diagnostik in erheblichem Maße "weiße Flecken" auf der damals erreichbaren Landkarte gab [12].

1989 folgte noch eine spezielle Mitteilung des BGA an alle Ärzte, die sich in Sonderheit mit der Diagnostik und der Therapie der Legionellose befaßte [13].

Seit längerer Zeit ist das BGA in die Erarbeitung Technischer Regeln des DVGW einbezogen. Im März erschienen ist, wie bereits erwähnt, das Arbeitsblatt W 551 als Bestandteil des DVGW-Regelwerkes [6]. Es ist ausdrücklich für die Planung und Errichtung von Neuanlagen ausgewiesen. Aus ihm sind dennoch auch für die Sanierung bestehender Anlagen schon wichtige Hinweise zu entnehmen.

Zur dringend wünschenswerten Vereinheitlichung der Untersuchungsmethoden von Warmwasserproben auf das Vorkommen von Legionellen hat das BGA im April 1993, nach Anhörung der Trinkwasserkommission im Bundesgesundheitsblatt eine methodische Empfehlung veröffentlicht [14].

Etwas problematisch, aber unvermeidbar ist es auch, daß sich das BGA in Form von Pressemitteilungen regelmäßig an die Medien wendet. Zur Thematik Umwelt und Legionellen haben wir dies 1988, 1990 und 1992 mit unterschiedlichen Schwerpunkten getan. Wir können leider nicht dafür einstehen, was in Zeitungen, Rundfunk und Fernsehen aus diesen Pressemitteilungen nicht selten entsteht. Bezüglich der Legionellen entstanden daraus sehr oft Dinge, die weder stimmen noch notwendig sind, nicht selten Panik verursachten. Presse- und Medienarbeit ist für das BGA dennoch nötig, um auch die Bevölkerung so weit wie möglich zu erreichen. Man muß dann wohl leider damit "leben", daß ich z.B. nach einem Interview für einen Journalisten der Zeitschrift "Wohnmedizin" Anfang 1993 mit Dingen zu Legionellen zitiert wurde, die ich weder in dem Interview gesagt noch in ähnlicher Art irgendwo veröffentlicht habe. m

Die unbedingt notwendige Legionellose-Prävention muß sich auf zwei Säulen stützen. Die erste und wichtigste ist das konsequente Vermeiden der Entstehung von Risikozonen, in denen die Erreger auf den Menschen übertragbar werden. Die zweite

Maßnahme ist die rasche Erkennung und sachgerechte Behandlung von dennoch - z.B. auch auf Reisen! - auftretenden Infektionen.

Es sei noch einmal ausdrücklich wiederholt. Nach dem § 10 (1) des Bundes-Seuchengesetzes sind seit 1979 die rechtlichen Möglichkeiten vorhanden, daß die zuständige Behörde die notwendigen Maßnahmen gegen Übertragung von Krankheiten wie auch den Legionellosen auf den Einzelnen oder die Allgemeinheit treffen kann.

Neben den Behörden sind aber auch Hersteller und Betreiber bestimmter technischer Systeme (z.B. große Warmwasserversorgungen, RLT-Anlagen, bestimmte Formen von Schwimmbädern u.a.) immer noch und immer wieder zum Handeln aufgefordert. Der Wartung solcher technischer Systeme muß zudem eindeutig mehr Aufmerksamkeit und mehr Sachkunde gewidmet werden. Selbstverständlich entstehen dabei Kosten. Daher sollen die Anlagen auf den wirklichen Bedarf ausgelegt werden.

Im Zweifelsfalle ist bei den Herstellern (s.o.) oder den Gesundheitsbehörden nachzufragen, ob empfohlene Präventionsmaßnahmen gegen das Auftreten von Legionellen in den genannten Systemen von einer unabhängigen Institution durch Untersuchungen als erfolgreich in der Praxis belegt sind

Wir wissen noch nicht alles über Legionellen, wir wissen heute aber ausreichend viel, um sinnvolle und auch bezahlbare Untersuchungs- und Präventionsmaßnahmen im Interesse unserer Gesundheit durchführen zu können. Für ein industriell hoch entwickeltes Land wie die Bundesrepublik Deutschland ist der derzeitige Stand von Erkennung und Bekämpfung, sowie Vermeidung von Legionellosen kein Ruhmesblatt. In dem Artikel von GROOTHUIS ist z.B. erwähnt, daß die holländischen Behörden bei der Aufklärung einer Legionellose-Epidemie in einem Hotel sich auch an die deutschen Behörden wandten, weil neben Niederländern auch viele Deutsche dort gewohnt hatten. Das beschämende Resultat: Von unseren Behörden keine Antwort.

Mögen die technisch mögliche Prävention und die medizinische Erkennung und Behandlung der Legionellosen im Interesse der Gesundheit von uns allen rasch, nicht zuletzt auch durch diese Veröffentlichungen in Deutschland besser werden.

Literatur

1. Lode, H., Schäfer, H. und Ruckdeschel, G.: Legionärskrankheit. Prospektive Studie zur Häufigkeit, Klinik und Prognose. Dtsch. Med. Wschr. 107, (1982), 326 - 331
2. Horbach, I. und Fehrenbach, F.J.: Legionärskrankheit bei einer Inlandreisegruppe. Bundesgesundheitsblatt 26, (1983), 51 - 52
3. Fliermans, C.B.: Autecology of Legionella pneumophila. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. A 255, (1983), 58 - 63
4. Fliermans, C.B., Cherry, W. B., Orrison, L.H. et al.: Ecological distribution of Legionella pneumophila. Appl. Environ. Microbiol. 41, (1981), 9 - 16

5. Thornsberry, C., Balows, A., Feeley, J.C. et al.: Legionella. Proceedings 2nd Int. Symp., Amer. Soc. Microbiol., Washington, D.C., (1984), 371 S.
6. DVGW-Arbeitsblatt W 551. Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums. DVGW-Regelwerk 03/93. Eschborn / Ts.
7. England III, A.C., Fraser, D.W., Mallison, G.F. et al.: Failure of Legionella pneumophila Sensitivities to Predict Culture Results from Disinfectant-Treated Air-Conditioning Cooling Towers. Appl. Environ. Microbiol. 43, (1982), 240 - 244
8. Legionellen. Beiträge zur Bewertung eines hygienischen Problems. Hrsg.: K. Seidel, E. Seeber u. U. Hässelbarth. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V., Band 72, Gustav Fischer Verlag Stuttgart-New York, 1987
9. Anonymus: Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos. Bundesgesundheitsblatt 30, (1987), 252 - 253
10. Anonymus: Anforderungen an die Beschaffenheit des Wassers in Badeanlagen und Einrichtungen zur Hydrotherapie. Anforderungen der Hygiene an die Wasserversorgung. Anlagen zur BGA-Richtlinie "Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen". Bundesgesundheitsblatt 31, (1988), 253 - 256
11. DIN 19643 (Gelbdruck): Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser. Beuth Verlag Berlin, 1993
12. Horbach, I. und Fehrenbach, F.J.: Diagnostik der Legionärskrankheit in der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West). Bundesgesundheitsblatt 31, (1988), 480 - 481
13. Anonymus: Legionellose. Ratschlag an Ärzte. BGA-Merkblatt Nr. 55, Ausgabe 1989. Deutscher Ärzte-Verlag, Dieselstraße, 5000 Köln 40.
14. Anonymus: Mitteilung des Bundesgesundheitsamtes zum Nachweis von Legionellen in erwärmtem Trinkwasser. Bundesgesundheitsblatt 36, (1993), 162

Autorenverzeichnis

Bechem, H., Dipl.-Ing.
Joh. Vaillant GmbH & Co.,
Berghauser Straße 40, 42859 Remscheid

Borneff, Marianne, Priv.-Doz. Dr.
Hygiene-Institut der Universität
Im Neuenheimer Feld 324, 69120 Heidelberg

Burger, H., Prof.
Viessmann Werke GmbH & Co.,
35108 Allendorf (Eder)

Challinor, C.J., Dr.
Grace Dearborn, Ltd., Cheshire
Widness WA8 8UD, England

Exner, M., Prof. Dr.
Direktor des Hygiene-Institutes des
Ruhrgebietes, Rothhauser Straße 19,
45879 Gelsenkirchen

Farrel, I.D., Dr.
Director Birmingham Publ. Hlth. Lab.,
East Birmingham Hospital,
Bordesley Green East
Birmingham B9 5ST, England

Fehrenbach, F.J., Prof. Dr.
Robert-Koch-Institut des
Bundesgesundheitsamtes
Nordufer 20, 13353 Berlin

Germann, R., Dipl.-Ing.
Grace Service Chemicals GmbH.
Postfach 102408, 69120 Heidelberg

Groothuis, D.G., Dr.
General Inspect. Health Protection,
Min. of Welfare, Public a. Cult. Affairs,
Postbus 5406, NL-2280 HK Rijswijk

Hässelbarth, U., Ltd.Dir.u.Prof. i.R., Dr.
Adolfstr. 3, 14165 Berlin

Helbig, J.H., Dr.
Medizinische Akademie
"Carl Gustav Carus", Institut
für Medizinische Mikrobiologie
Güntzstraße 32, 01307 Dresden

Henkels, W.D., Dr.
Grace Service Chemicals Ltd. GmbH.
Postfach 102408, 69120 Heidelberg

Holmes, Elizabeth, Dr.
PHLS Communicable Dis.
Surveillance Ctr.
61 Colindale Avenue,
London NW9 5EQ, England

Horbach, Ingeburg, Dr.
Robert- Koch-Institut
des Bundesgesundheitsamtes,
Nordufer 20, 13353 Berlin

Junge, Elisabeth, Dr.
Inst. f. Hygiene der Universität
Robert-Koch-Str. 41, 48149 Münster

Jutte, M. Dipl.-Ing.
Technische Werke Stuttgart AG
Postfach 106038, 70173 Stuttgart

Krysch, R. Dipl.-Ing.
Ingenieurbüro Chemie + Wasser
Im Riedbusch 20, 41564 Kaarst

Langer, B., Dipl.-Biol.
Hygiene-Inst. des Ruhrgebietes
Rotthauser Str. 19, 45879 Gelsenkirchen

Lück, P.Ch., Dr.
Medizinische Akademie
"Carl Gustav Carus", Institut für
Medizinische Mikrobiologie
Güntzstraße 32, 01307 Dresden

Mathys, W., Dr.
Inst. f. Hygiene der Universität
Robert-Koch-Str. 41, 48149 Münster

Pietsch, M., Dr.
Landeshygieneinstitut
Mecklenburg-Vorpommern
Bornhövedstraße 78, 19055 Schwerin

Pleischl, St.
Hygiene-Institut des
Ruhrgebietes, Rotthauser Straße 19
45879 Gelsenkirchen

Rödder, Martina
Hygiene-Institut der Universität Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25, 53127 Bonn

Ruf, B., Priv.-Doz. Dr.
II. Medizinische Klinik
Universitätsklinik "Rudolf Virchow"
Augustenburger Platz 1, 13344 Berlin

Schulze-Röbbcke, R., Dr.
Hygiene-Institut der Universität Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25, 53127 Bonn

Schumacher, W., Min.-Rat a.D. Dr.
Rosenhag 4, 88662 Überlingen

Tiefenbrunner, F., Prof. Dr.
Institut für Hygiene der Universität
Fritz-Pregl-Straße 3, A-6010 Innsbruck

Tuschewitzki, G.-J., Priv.-Doz. Dr.
Hygiene-Institut des Ruhrgebietes
Rotthauser Straße 19, 45879 Gelsenkirchen

Waider, D., Dipl.-Ing.
Deutscher Verein des Gas- und
Wasserfaches e.V., Hauptstraße 71-79,
65760 Eschborn

Waschko-Dransmann, D.
Inst. f. Hygiene der Universität
Robert-Koch-Str. 41, 48149 Münster

Werner, H.-P., Prof.Dr.
Direktor des Landeshygieneinstitutes
Mecklenburg-Vorpommern
Bornhövedstraße 78, 19055 Schwerin

Wernicke, F., Dr.
Hygiene-Institut des Ruhrgebietes,
Rotthauser Straße 19
45879 Gelsenkirchen

**Aus dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene
des Bundesgesundheitsamtes Corrensplatz 1, 14195 Berlin**

Lange-Asschenfeldt, H., Prof. Dr., Institutsleiter
Bartocha, W., Dipl.-Ing., Wiss. Angest.
Moll, H.-G., Dr., Wiss. Oberrat
Nagorka, Regine, Dr., Wiss. Angest.
Roßkamp, Elke, Dr., Wiss. Angest.
Seidel, K., Dr., Dir.u.Prof.

Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V.
Postfach 31 14 20
10644 Berlin
Geschäftsführung: Dipl.-Ing H. Nobis-Wicherding

**Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V.**

Nr. 1*:	Stooff: Chemische und physikalisch-chemische Fragen der Wasserversorgung	
Nr. 2*:	Meinck: Englisch-deutsche und deutsch-englische Fachausdrücke aus dem Gebiete der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung	
Nr. 3*:	Kisker: Die Überwachung der Grundstückskläranlagen	
Nr. 4*:	Kolkwitz: Ökologie der Saprobien	
Nr. 5*:	Beger: Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie	
Nr. 6*:	Meinck/Stooff/Weldert/Kohlschütter: Industrie-Abwässer	
Nr. 7*:	Lüdemann: Die Giftwirkung des Mangans auf Fische, Krebse und Fischnährtiere	
Nr. 8:	Büsscher: Untersuchungen über den Aufwuchs in Wasserbecken und seine Bekämpfung mit Kupfersulfat	2,60 DM
Nr. 9:	Meinck/Thomaschk: Untersuchungen über den anaeroben Abbau von Viskoseschlamm	4,40 DM
Nr. 10:	Beyreis/Heller/Bursche: Beiträge zur Außenlufthygiene	9,60 DM
Nr. 11:	Steinkohlenflugasche	15,00 DM
Nr. 12*:	Bethge/Löbner/Nehls/Kettner/Lahmann: Außenlufthygiene. 1. Folge	
Nr. 13*:	Bethge/Büsscher/Zinkernagel/Löbner: Außenlufthygiene. 2. Folge	
Nr. 14a*:	Kruse: Einheitliche Anforderungen an die Trinkwasserbeschaffenheit und Untersuchungsverfahren in Europa	
Nr. 14b:	Einheitliche Anforderungen an die Beschaffenheit, Untersuchung und Beurteilung von Trinkwasser in Europa	8,60 DM
Nr. 15:	Löbner: Ergebnisse von Staubniederschlagsmessungen an verschiedenen Orten Deutschlands	2,00 DM
Nr. 16:	Naumann/Heller: Probleme der Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser durch Mineralöle und Detergentien. Luftverunreinigung und Abhilfemaßnahmen	2,50 DM
Nr. 17:	Aurand/Delius/Schmier: Bestimmung der mit Niederschlag und Staub dem Boden zugeführten Radioaktivität (Tropfsammelverfahren)	4,00 DM

Nr. 18*:	Naumann: 60 Jahre Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	
Nr. 19:	Abhandlungen aus dem Arbeitsgebiet des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene	17,60 DM
Nr. 20:	Sattelmacher: Methämoglobinämie durch Nitrate im Trinkwasser	4,80 DM
Nr. 21:	Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1963 in Berlin	4,80 DM
Nr. 22:	Langer/Kettner: Vorträge auf der Jahrestagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1964 in Köln	5,10 DM
Nr. 23:	Lahmann: Luftverunreinigung in den Vereinigten Staaten von Amerika	5,60 DM
Nr. 24*:	Mauch: Bestimmungsliteratur für Wasserorganismen in mitteleuropäischen Gebieten	
Nr. 25:	Lahmann/Morgenstern/Grupinski: Schwefeldioxid-Immissionen im Raum Mannheim/Ludwigshafen	6,80 DM
Nr. 26:	Kempf/Lüdemann/Pflaum: Verschmutzung der Gewässer durch motorischen Betrieb, insbesondere durch Außenbordmotoren	8,50 DM
Nr. 27:	Neuzeitliche Wasser-, Boden- und Lufthygiene	10,80 DM
Nr. 28:	Lahmann: Untersuchungen über Luftverunreinigungen durch den Kraftverkehr	13,40 DM
Nr. 29:	Heller/Kettner: Forschungsarbeiten über Blei in der Luft und in Staubbiederschlägen	11,60 DM
Nr. 30:	Meteorologie und Lufthygiene	19,80 DM
Nr. 31*:	Die Desinfektion von Trinkwasser	
Nr. 32*:	Rattenbiologie und Rattenbekämpfung	
Nr. 33:	Beiträge aus dem Gebiet der Umwelthygiene	30,80 DM
Nr. 34*:	Gewässer und Pestizide. 1. Fachgespräch	
Nr. 35:	Kettner: Geruchsbelästigende Stoffe	15,00 DM
Nr. 36:	Durchlässigkeit von Lockersedimenten — Methodik und Kritik	9,20 DM
Nr. 37*:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 2. Fachgespräch	
Nr. 38*:	Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst	
Nr. 39:	Schadstoff-Normierung der Außenluft in der Sowjetunion — MIK-Werte und Schutzzonen 1972	4,60 DM
Nr. 40:	Hygienisch-toxikologische Bewertung von Trinkwasserinhaltsstoffen	21,50 DM

Nr. 41:	Lufthygiene 1974	26,00 DM
Nr. 42:	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	70,00 DM
Nr. 43*:	Schwimmbadhygiene (vgl. Nr. 58)	
Nr. 44:	Zur Diskussion über das Abwasserabgabengesetz	18,00 DM
Nr. 45:	Siedlungshygiene und Stadtplanung	31,00 DM
Nr. 46:	Gewässer und Pflanzenschutzmittel. 3. Fachgespräch	32,00 DM
Nr. 47:	Dulson: Organisch-chemische Fremdstoffe in atmosphärischer Luft	28,00 DM
Nr. 48:	Chemisch-ökologische Untersuchungen über die Eutrophierung Berliner Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Phosphate und Borate	35,50 DM
Nr. 49*:	Lahmann/Prescher: Luftverunreinigungen in der Umgebung von Flughäfen	
Nr. 50:	Oetting: Hydrogeochemische Laboruntersuchungen an Bergmaterialien und einer Hochofenschlacke	43,20 DM
Nr. 51:	Gewässer und Pflanzenbehandlungsmittel IV. 4. Fachgespräch	28,50 DM
Nr. 52:	Aktuelle Fragen der Umwelthygiene	65,00 DM
Nr. 53*:	Luftqualität in Innenräumen	
Nr. 54:	Limnologische Beurteilungsgrundlagen der Wassergüte (Kolkwitz-Symposium)	12,50 DM
Nr. 55:	Atri: Schwermetalle und Wasserpflanzen	29,00 DM
Nr. 56:	Zellstoffabwasser und Umwelt	48,00 DM
Nr. 57*:	Gewässerschutz — Abwassergrenzwerte, Bioteste, Maßnahmen	
Nr. 58:	Schwimmbadhygiene II	33,00 DM
Nr. 59:	Lufthygiene 1984	48,00 DM
Nr. 60*:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt I	
Nr. 61:	Figge/Klahn/Koch: Chemische Stoffe in Ökosystemen	48,00 DM
Nr. 62:	Chemical Water and Wastewater Treatment	60,00 DM
Nr. 63:	Humanökologie — Umwelt-, Innenraum- und Siedlungshygiene	38,00 DM
Nr. 64:	Boden- und Grundwasserschutz	46,00 DM
Nr. 65:	Umwelthygiene für Ärzte und Naturwissenschaftler	78,00 DM
Nr. 66:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt II	65,00 DM
Nr. 67:	Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeuge	48,00 DM
Nr. 68*:	Grundwasserbeeinflussung durch Pflanzenschutzmittel	
Nr. 69:	Smogepisoden	58,00 DM

Nr. 70:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt IV	76,00 DM
Nr. 71:	Haaranalyse in der Medizin und Umwelt	48,00 DM
Nr. 72:	Legionellen	40,00 DM
Nr. 73:	Atri: Nickel — Elemente in der aquatischen Umwelt I ..	54,00 DM
Nr. 74:	Schwermetalle in der Umwelt	54,00 DM
Nr. 75:	Atri: Arsen — Elemente in der aquatischen Umwelt II ..	44,00 DM
Nr. 76:	Grenzwerte und Risikobetrachtungen in der Umwelthygiene	34,00 DM
Nr. 77:	Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung (noch nicht erschienen)	ca. 40,00 DM
Nr. 78:	Viren und Plasmide in der Umwelt	58,00 DM
Nr. 79:	Pflanzenschutzmittel und Grundwasser	78,00 DM
Nr. 80:	Biotechnologische In-situ-Sanierung kontaminierter Standorte	58,00 DM
Nr. 81:	Zusatzstoffe für Trinkwasser	48,00 DM
Nr. 82:	Halogenkohlenwasserstoffe in Wasser und Boden	46,00 DM
Nr. 83:	Bartel/Bartocha/Grohmann/Seidel: Warmsprudelbecken	56,00 DM
Nr. 84:	Nerger: Leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe	45,00 DM
Nr. 85:	Marschner: Phytotoxizitätsuntersuchungen an Wildkräutern und einer Kulturpflanze (1992)	46,00 DM
Nr. 86:	Atri/Mezger: Zink — Elemente in der aquatischen Umwelt III (1992)	50,00 DM
Nr. 87:	Hazard: Information und Beteiligung bei Gesundheitsrisiken am Beispiel eines Radonmeßprogramms	35,00 DM
Nr. 88:	Lärm und Krankheit · Noise and Disease	70,00 DM
Nr. 89:	Biologische Testverfahren (1993)	82,00 DM
Nr. 90:	Boden- und Grundwasserverunreinigung aus Punkt- und Flächenquellen (in Vorbereitung)	
Nr. 91:	Legionellen II (1993)	42,00 DM

Die genannten Veröffentlichungen können beim Gustav Fischer Verlag, Postfach 72 01 43, D-7000 Stuttgart 70, bestellt werden. Vereinsmitglieder können die Veröffentlichungen beim Verein zu Vorzugspreisen erwerben.

Mit * gekennzeichnete Nummern sind vergriffen.

Der gemeinnützige Verein fördert insbesondere die wissenschaftlichen Arbeiten des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes.

Wer an Informationen über den Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V. interessiert ist oder Mitglied dieses Vereins werden möchte, wende sich bitte direkt an den Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V., Postfach 31 14 20, 10644 Berlin, Telefon (030) 2706 57 46.

