

Legionellen

Beiträge zur Bewertung
eines hygienischen Problems

Herausgegeben von
K. Seidel, E. Seeber und U. Hässelbarth

Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1987

Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

72

Herausgegeben von **R. Leschber** und **G. von Nieding**

Der 1902 gegründete gemeinnützige Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. fördert das gleichnamige Institut des Bundesgesundheitsamtes.

Außerdem tritt er über das Institut 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 für Wasser, Abwasser, Luft und feste Abfallstoffe (Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York) heraus.

Geschäftsführender Vorstand:

Oberstadtdirektor Hans-Diether Imhoff, Dortmund

Direktor Dr.-Ing. Günther Annen, Essen

Direktor Dr.-Ing. Heinz Tessendorff, Berlin

Geschäftsführung:

Dipl.-Ing. Helmut Schönberg, Postfach, 1000 Berlin 33

Alle Rechte der Übersetzung vorbehalten

© Copyright 1987 by Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene,
Berlin-Dahlem

Printed in Germany

ISBN 3-437-30552-2

Herstellung: Westkreuz-Druckerei Berlin/Bonn, 1000 Berlin 49

Legionellen

Beiträge zur Bewertung
eines hygienischen Problems

Herausgegeben von
K. Seidel, E. Seeber und U. Hässelbarth



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart/New York · 1987

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Vorwort	7
G. von Nieding	
Eröffnung	9
W. Schumacher	
Zur Frage der Anwendung des Bundes-Seuchengesetzes	11
H. Lode, H. Grothe, H. Schäfer, B. Kemmerich, G. Ruckdeschel, H. Ehret	
Klinik und Prognose von Legionella-Infektionen	15
B. Ruf, D. Schürmann, I. Horbach, F.-J. Fehrenbach, H.D. Pohle	
Epidemiologische Gesichtspunkte der Legionella- Infektion	27
F.-J. Fehrenbach und I. Horbach	
Antigennachweis bei Legionellose: Bedeutung für die Frühdagnostik	39
R. Stanwell-Smith	
Legionella-Infektionen: Erforschung und Kontrolle von Legionellosen in England und Wales - die Epidemie in Stafford 1985	45
T. Trouwborst	
Gibt es eine Strategie zur Verhinderung von Legionella- Infektionen? - Erfahrungen aus den Niederlanden -	49
K. Seidel	
Vorkommen von Legionella pneumophila in Trinkwässern und in Warmwasserbeckenwässern	67
H.-J. Kohnke	
Stand der Technik und neue Entwicklungen bei Warmwasserbereitern	77
R. Schulze-Röbbecke, M. Rödder, M. Exner	
Anmerkungen zu den Vermehrungs- und Abtötungs- temperaturen von Legionellen	83
K. Seidel und A. Grohmann	
Zur Frage der Bekämpfung des Vorkommens von Legionellen in kontaminierten Warmwassersystemen	91
B. Canzler	
Raumlufttechnische Anlagen	
Darstellung aus der Sicht des planenden Ingenieurs	103

	<u>Seite</u>
P. Schmidt Legionellen in raumluftechnischen Anlagen aus der Sicht des Anlagenbauers	117
K. Wichmann und J. Wegner Erfahrungen im Bundesgesundheitsamt	135
E. Roßkamp Zur Toxikologie ausgewählter Biozide	141
H.-P. Werner Vorkommen und Bedeutung von Legionellen in Kraftwerkskühlsystemen	147
Umwelthygienische Aspekte der Kontrolle von Legionellosen Empfehlungen der WHO	155
"Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos"	159

Vorwort

Der vorliegende Band 72 der Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. "Legionellen" widmet sich einem aktuellen hygienetechnischen Problem. Er stellt die klinisch-diagnostischen Kenntnisse sowie den technisch-naturwissenschaftlichen Wissensstand mit Hinweisen über die wichtigsten Bereiche, in denen Legionellen in technischen Systemen vorkommen können dar.

Die meisten Beiträge wurden auf der vom Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V. in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes am 13. und 14. Oktober 1986 in Berlin durchgeführten Fachtagung zum Thema: "Legionellen - ein hygienetechnisches Problem" vorgetragen.

Ergänzend sind die Beiträge von Herrn MinR a.D. Dr. Schumacher sowie Herrn Dr. Schulze-Röbbecke et al. hinzugefügt, die wesentlich zum Gesamtverständnis der Problematik beitragen.

Eine weitere Ergänzung stellen die "Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation" (WHO) - Stand 1985 - sowie die "Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos" - Stand Anfang 1987 - dar.

Wir geben der Hoffnung Ausdruck, daß die vorliegende Schrift eine bestehende Informationslücke im deutschen Schrifttum ausfüllen wird. Sie soll zu einer sachlichen Information der Öffentlichkeit und der Behörden beitragen und gibt mit den Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes Hinweise auf bestehenden Handlungsbedarf.

Wir weisen darauf hin, daß die Beiträge die Auffassungen der jeweiligen Autoren wiedergeben.

K. Seidel, E. Seeber und U. Hässelbarth

Eröffnung

G. von Nieding

Das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene hat in diesem Jahr sein 85-jähriges Bestehen gefeiert. Es hat sich in dieser Zeit mit einer Vielzahl von umwelthygienischen Problemen und deren Lösung befaßt, um den Menschen vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen aus der Nutzung der Umwelt zu schützen. Das Thema Umwelthygiene ist für uns keinesfalls neu, es nimmt nur heute in der öffentlichen Diskussion einen viel höheren Stellenwert als früher ein. Wir begrüßen das engagiertere Eintreten der politischen Entscheidungsträger für den Umweltschutz und das gestiegene Umweltbewußtsein der Bevölkerung, weil von hier starke Impulse ausgehen. Dies ist jedoch für die wissenschaftliche Arbeit nicht immer förderlich, da die zielgerichtete langfristig angelegte Forschungsarbeit oft durch Tagesaktuallitäten behindert wird.

Die umwelthygienischen Diskussionen haben sich in den letzten Jahren überwiegend auf Belastungen chemischen Ursprungs konzentriert. Lange herrschte die Meinung vor, daß hygienisch relevante Gesundheitsprobleme durch Mikroorganismen der Vergangenheit angehören. Die Legionellose und AIDS haben uns eines besseren belehrt. Erst 1976 wurde in den USA eine Epidemie von unspezifischen Lungenentzündungen unter den Teilnehmern eines Veteranentreffens bekannt, bei der mehr als 200 Personen schwer erkrankten, von denen über 30 verstarben. Wegen des Auftretens dieser Epidemie anlässlich eines Treffens US-amerikanischer Legionäre wurde die anfangs rätselhafte Erkrankung "Legionärskrankheit" genannt.

Schon einige Monate später konnte geklärt werden, daß die Erkrankungsursache auf Bakterien zurückzuführen war. Sie waren bis dahin nicht bekannt und wurden entsprechend dem erstmaligen Auftreten Legionellen genannt. Für alle bis jetzt isolierten Legionella-Arten sind 3 Dinge charakteristisch:

1. sie können sich im Wasser vermehren,
2. sie kommen besonders häufig in warmen Wässern vor,
3. sie werden durch feinste feuchte Aerosole über den Luftweg auf den Menschen übertragen.

In der Lunge können Legionellen als folgenschwerste Erkrankung, eine atypische Bronchopneumonie (Lungenentzündung) auslösen, die unbehandelt in einer Vielzahl der Fälle tödlich endet.

Die Auswertung der wissenschaftlichen Weltliteratur belegt, daß in der jüngeren Vergangenheit immer wieder Epidemien - meist kleineren Umfangs -, verursacht durch Legionellen aufgetreten sind. Dies hat sowohl zur verbesser-

ten Diagnostik und Therapie geführt, als auch zur verstärkten Ursachenforschung Anlaß gegeben.

1983 haben wir damit begonnen, das Vorkommen von Legionellen in der Bundesrepublik zu untersuchen. Diese Untersuchungen umfassen eine Vielzahl von natürlichen und technischen Habitaten dieser Bakterien. Über die Ergebnisse wurde fortlaufend berichtet. Mittlerweile liegen zahlreiche Daten vor.

Wir haben Sie jetzt zu einer Fachtagung eingeladen, um 10 Jahre nach der ersten Beschreibung der Erkrankung und der ursächlichen Bakterien erstmalig für die Bundesrepublik eine wissenschaftliche Bestandsaufnahme und Darstellung des Themas in seiner ganzen Breite durchzuführen. Sie werden Beiträge zu Vorkommen, Diagnose und Therapie der Legionellen hören, aber auch Vorträge über das Vorkommen von Legionellen in den Habitaten Warmwasser, raumlufttechnische Anlagen sowie Kraftwerkskühlsysteme und Warmsprudelbecken.

Die Bedeutung des Problems Legionellen soll mit dem gebotenen sachlichen Hintergrund von Ihnen diskutiert werden. Es ist unstrittig, daß Legionella-Infektionen mit tödlichem Ausgang auch bei uns vorkommen; bisher unklar und strittig ist die Zahl derartiger Infektionen und vor allem der tödlichen Verläufe. Ich verweise hier darauf, daß sich noch im Frühjahr 1985 eine weitere sehr schwere Epidemie in Staffordshire, England, ereignete, über die wir hier aus erster Hand hören werden. Ich begrüße besonders unsere Gäste aus England und den Niederlanden, in deren Ländern bereits seit längerem Diskussionen zu dieser Thematik im Gang sind.

Um das Risiko einer Infektion mit diesen fakultativ humanpathogenen Keimen gerade für Risikogruppen zu minimieren, müssen wir u.a. auch eingehend den Stand der Technik unserer Warmwasserversorgungsanlagen sowie der raumlufttechnischen Anlagen und deren Weiterentwicklung erörtern.

Wir erhoffen uns eine rege Diskussion zwischen Medizinern, Naturwissenschaftlern und Ingenieuren, um sinnvolle hygienetechnische Maßnahmen zur Prävention zu erarbeiten.

Die Aktualität dieser Fachtagung wird durch Ihre zahlreiche Teilnahme bestätigt und der Zeitpunkt für die Fachtagung scheint gut gewählt. Ich begrüße Sie als Gäste des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes.

Ich hoffe, daß diese Tagung allen Teilnehmern einen wichtigen Erkenntnisgewinn bringt, um diese neuartige bedrohliche infektiöse Lungenkrankheit besser in den Griff zu bekommen.

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, erworbene Immundefektsyndrom). Sobald ein solches neues Krankheitsbild sich als übertragbar erwies, 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.

Da die Meldepflicht für namentlich angeführte Krankheiten bereits im zweiten Abschnitt des BSeuchG, also ziemlich am Anfang angehandelt 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 be-

durfte 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 "Volksgesundheit" 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 [2]. 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 [3].

Auch Übertragungen von Mensch zu Mensch kommen offenbar nicht vor, und es bedarf zum Angehen einer Infektion im allgemeinen einer gesundheitlichen Vorschädigung [4].

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. [5]).

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. 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
3. Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung-TrinkV) vom 22. Mai 1986 (BGBl. I S. 760) - BGBl. III 2126-2-6
4. 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
5. Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos. Bundesgesundhbl. 30 (1987) Nr. 7

Klinik und Prognose von Legionella-Infektionen

*H. Lode, H. Grothe, H. Schäfer, B. Kemmerich,
G. Ruckdeschel und H. Ehret*

Zusammenfassung

Die Legionärspneumonien dürften in ihrer zahlenmäßigen Bedeutung bisher in der Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin unterschätzt worden sein. Es ist von einer prozentualen Häufigkeit zwischen 5 und 15% bei ambulant erworbenen und nosokomialen Pneumonien auszugehen. Damit stehen diese Pneumonieformen hinter den Pneumokokkenpneumonien an der zweiten Stelle der Häufigkeitsliste von ambulant erworbenen Pneumonien. Wegen der häufig bestehenden diagnostischen Schwierigkeiten sollte bei männlichen Patienten in höherem Lebensalter mit chronischer Bronchitis, Verwirrtheitszuständen, Erythrozyturie, Transaminaseerhöhung, Lymphopenie und Hypophosphatämie frühzeitig an eine Legionellose gedacht werden. Dieses gilt insbesondere dann, wenn es zu einer Ausbreitung der Pneumonie während einer sonst erfahrungsgemäß wirksamen antibiotischen Therapie in den ersten Tagen der Behandlung kommt.

Relativ schnelle diagnostische Verfahren sind heute mittels direktem Immunfluoreszenztest, Antignennachweis, kulturellen Anzüchtungen und indirektem Immunfluoreszenztest möglich.

Therapie der Wahl ist Erythromycin primär als Einzelsubstanz, bei kritischen Verläufen in Kombination mit Rifampicin; in Zukunft können neue Chinolone interessante therapeutische Alternativen darstellen.

Einleitung

Nach der Entdeckung und Isolierung der Legionellen im Januar 1977 durch die Forscher des CDC in Atlanta [1 - 5] setzte weltweit eine intensive Forschung ein, um die Häufung dieser Legionelleninfektionen zu identifizieren. Antigene dieses Bakteriums wurden präpariert und im indirekten wie auch im di-

rekten Immunfluoreszenztest eingesetzt sowie kulturelle und diagnostische Verfahren entwickelt [6]. Die Analyse von tiefgefrorenen Seren aus ungeklärten Fieber- und Pneumonieepidemien erbrachten, daß erstmals 1947 bei der fiebераftigen respiratorischen Infektion eines Arbeiters in einem Rickettsien-Laboratorium eine Legionelleninfektion vorgelegen haben mußte. Die früheste epidemiisch auftretende Legionellenerkrankung wurde aus dem Jahre 1965 am St.-Eli-sabeth-Krankenhaus in Washington bekannt [7].

Im Juli 1968 trat bei 144 Patienten in Pontiac, Michigan, ein fiebераftiger Respirationsinfekt ohne Pneumonie auf mit vermehrten neurologischen Symptomen, der ebenfalls als von Legionellen induzierte Erkrankung gesichert werden konnte und wegen des unterschiedlichen klinischen Bildes mit eher mildem Verlauf als Pontiac-Fieber definiert wurde [8].

Bis zum Juni 1982 sind in den USA 2470 sporadische Fälle gemeldet worden, von denen 76% serologisch gesichert, 19% antigenpositiv und 8% kulturell positiv waren. 21% der Patienten waren verstorben.

Bei den mikrobiologischen und epidemiologischen Untersuchungen der vergangenen Jahre stellte sich heraus, daß Legionellen relativ häufige Außenweltkeime sind, die vermehrt im Wasser oft zu Keimzahlen von mehreren tausend pro Milliliter vorkommen können. Der erste Nachweis in der Umwelt erfolgte in einer Klimaanlage, später wurden Legionellen aus Kühltürmen, Flüssen, Seen, Brauseköpfen, Wasserhähnen, Wasserleitungen und anderen Wasserbehältern sowie auch Abwässern isoliert.

Offensichtlich sind Legionellen auf autotrophe Zellen - wie z.B. Algen oder Eisenmanganbakterien - angewiesen, die ihnen als Kohlenstoffenergiequelle dienen [9 - 11]. Insbesondere in Kühl- und Klimaanlagen wurden aerogene Infektionswege zweifelsfrei nachgewiesen.

Inzwischen sind bis Ende 1985 22 unterschiedliche Legionellspezies mit insgesamt 36 Serogruppen beschrieben worden [12].

Eine Übertragung der Legionellen von Mensch zu Mensch konnte niemals eindeutig gesichert werden; dementsprechend sind keine Infektionen des betreuenden Medizinpersonals von Patienten mit Legionärskrankheit beschrieben worden. Eine Isolierung der Patienten ist demnach nicht notwendig.

Epidemiologische Erscheinungsformen

Nach Cordes und Fraser [13] gibt es drei epidemiologische Erscheinungsformen der Legionärskrankheit:

1. Die sporadische Form, die am häufigsten ist,
2. die epidemische Form, die in Philadelphia 1976 und in Washington 1965 bei zahlreichen erkrankten Personen auftrat, aber in kleinerem Zahlenumfang auch in England, Schweden, Frankreich, Spanien und der Bundesrepublik beschrieben wurde [14],

3. die hyperendemische Form ist durch vermehrte Erkrankung über einen längeren Zeitraum charakterisiert, wie sie z.B. in Bloomington vom Mai 1977 bis August 1978, in Benidorm von 1973 bis 1980 und als Krankenhausepidemie in Los Angeles im Wadsworth-Medical-Center vom Mai 1977 bis Juli 1979 beobachtet wurden.

Die Inzidenz der Legionärskrankheit kann gegenwärtig noch nicht abschließend angegeben werden. In den USA bewegen sich Schätzungen bei 12 bis 58 Erkrankungen auf 100.000 Einwohner. Für die Bundesrepublik Deutschland bedeutet das bei niedriger Kalkulation etwa 1200 Erkrankungen jährlich [15], was bisher noch nicht ausreichend gesichert erscheint.

In zwei eigenen prospektiven Studien zur Häufigkeit der Legionellenätiologie bei schweren Pneumonien auf Intensivstationen bzw. ambulant erworbenen Pneumonien wurden erstaunlich hohe Inzidenzen der Legionärspneumonien festgestellt. Bei ambulant erworbenen Pneumonien konnte bei 9,6% der Patienten eine Legionärspneumonie diagnostiziert werden [15]. Unter 110 schweren prospektiv erfaßten Pneumonien bei Patienten der internistischen und operativen Intensivstationen unseres Hospitals wurden in 13,6% der Erkrankungen eine Legionellenätiologie gesichert [16]; hierbei war der Anteil der nosokomial erworbenen Pneumonien mit acht Erkrankungen außerordentlich hoch [17] (Tab. 1 u. 2).

Es kann auf der Basis der Studienergebnisse an unserem Krankenhaus gefolgert werden, daß den Legionellen als Erreger von Pneumonien auch in der Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin eine bedeutsame Rolle zukommt. Damit wurden auch die bisher mitgeteilten Inzidenzzahlen aus den USA, England und Italien ebenfalls für die Bundesrepublik Deutschland weitgehend bestätigt. Für Erwachsene kann demnach von einer Inzidenz von 8 - 23% für Legionellen als Erreger bei Pneumonien ausgegangen werden, wobei ambulant erworbenen Pneumonien eher in den niedrigen Häufigkeitsbereich einzustufen sind. Kinder erkranken deutlich seltener an einer Legionärspneumonie. Sicherlich muß kritisch hinsichtlich der Übertragbarkeit dieser genannten Zahlen angemerkt werden, daß z.B. Nottingham und Pittsburgh als Legionellenendemiegebiet zu bewerten sind, was vielleicht auch für West-Berlin zutreffen könnte.

Klinik

Die klinischen Symptome der beiden häufigsten Formen der Legionärskrankheit, der Legionärspneumonie und des Pontiac-Fiebers, sind in der Tabelle 3 dargestellt [18].

Betroffen von Legionärspneumonien sind vorwiegend Männer zwischen 50 und 70 Jahren; oft bestehen Vorerkrankungen wie chronisch obstruktive Lungenerkrankungen, Herzinsuffizienz, Diabetes mellitus, Tumore, Niereninsuffizienz

oder es liegt eine medikamentöse Immunsuppression, besonders mit Steroiden und Zytostatika, vor.

Relativ häufig sind gastrointestinale Symptome wie Übelkeit, Erbrechen, Diarrhoeen und abdominelle Schmerzen. Am zweiten bis dritten Tag der Erkrankung tritt häufig unproduktiver Husten auf, selten Hämoptysen, begleitet von Thoraxschmerzen bei 30 - 40% der Patienten.

Neben dem physikalischen Befund einer Pneumonie bei den zumeist schwerkranken und tachypnoischen Patienten fallen klinisch zumeist eine deutliche Verwirrtheit und Desorientiertheit auf. Die Hälfte der Patienten hat eine relative Bradykardie. Im Blutbild finden sich eine mittelgradige Leukozytose mit Linkverschiebung und Lymphopenie; fast immer besteht eine mäßige Erhöhung der Transaminasen, der alkalischen Phosphatase und des Bilirubins auch ohne alkoholische oder sonstige Leberanamnese. Im Urinstatus ist häufig eine Erythrozyturie nachweisbar. Die Nierenfunktion ist normal bis gering eingeschränkt. Bei der Elektrolytkonzentration werden häufig eine Hyponatriämie und eine Hypophosphatämie gemessen. Die geschilderten Symptome sind im allgemeinen bei nosokomialen Infektionen stärker ausgeprägt, sie sind jedoch nicht spezifisch für eine Legionärspneumonie und können nur im Rahmen der gesamtdiagnostischen Befunde bewertet werden. Eine typische klinische Symptomkonstellation für alle Legionärspneumonien gibt es nicht (Tab. 4 u. 5).

Die mikrobiologischen Untersuchungen von Sputum, Pleuraexsudat, transtrachealen Aspiraten, bronchoskopischen Absaugungen und Blut verlaufen mit den üblichen aeroben und anaeroben Techniken zumeist unergiebig; das Gram-Präparat ist häufig nicht richtungsweisend. Ganz selten bestehen jedoch auch Mischinfektionen mit aeroben oder anaeroben Keimen, wobei besonders eine Mischinfektionsneigung mit Klebsiella pneumoniae zu beobachten ist [19].

Röntgenologisch zeigt sich bei über 70% der Patienten zu Erkrankungsbeginn ein einseitiges, zentral oder peripher lokalisiertes zumeist schlecht abgegrenztes bronchopneumonisches Infiltrat. Im weiteren Verlauf kommt es zu multilobärer Ausbreitung mit vorwiegendem Befall der Unterlappen; bei fulminanten Erkrankungen kann die gesamte Lunge befallen sein. Bei nosokomialen Legionärspneumonien ist bei 57% der Patienten mehr als ein Lappen befallen, bevorzugte Lokalisation sind die basalen Lungenanteile [20].

Differentialdiagnostisch müssen vor allem andere atypische Pneumonien durch Mykoplasmen, Chlamydien, Viren, Rickettsien sowie auch die weiteren zahlreichen Möglichkeiten von nosokomialen Pneumonien abgegrenzt werden. Bei epidemischem Auftreten dürften die diagnostischen Erwägungen relativ einfach sein, schwierig sind die sporadischen und nosokomialen Fälle. Helms und Mitarbeiter [21] stellten 14 Legionärspneumonien, 20 Mykoplasmen- und 23 Pneumokokkenpneumonien gegenüber. Relativ charakteristisch für sporadische Legionärserkrankungen waren die jahreszeitliche Häufung von Juli bis Dezember, höheres Lebensalter, Rauchabusus, Fehlen von primären respiratorischen Symptomen, Verwirrtheitszustände, Hämaturie, Transaminasenerhöhung, Albuminver-

minderung im Serum und röntgenologische progrediente Ausbreitung der Pneumonie. Kommt es zu diesen geschilderten Symptomen und werden zusätzlich Lymphopenie und Hypophosphatämie nachgewiesen, so muß frühzeitig eine Legionellose diagnostisch erwogen werden. Das gilt besonders dann, wenn sich eine Pneumonie ausbreitet während einer sonst erfahrungsgemäß wirksamen antibiotischen Therapie. Hieraus sollten frühzeitig, fünf bis sieben Tage spätestens nach Beginn der Pneumoniemanifestation diagnostische und vor allem therapeutische Konsequenzen gezogen werden.

Behandlung

Die Behandlung der Legionärspneumonie beinhaltet sowohl allgemeine wie auch spezifische Maßnahmen. Patienten mit ambulant erworbener Legionärspneumonie können durchaus zu Hause mit oralen Antibiotika sowie weiteren Maßnahmen zur Beseitigung der allgemeinen Symptome wie Pleuraschmerzen und Fiebersenkung behandelt werden. Im allgemeinen sind jedoch die Schwere der Erkrankung und ihre häufige Verbindung mit beträchtlichen Grunderkrankungen so ausgeprägt, daß eine Krankenhauseinweisung unabänderlich ist. Dort benötigen die Patienten häufig Flüssigkeits- und Elektrolytersatz, Sauerstoffgabe, Antipyretika und gelegentlich auch parenterale Ernährung. Schocksymptome und spezifische Organversagen sollten frühzeitig intensivmedizinisch behandelt werden.

Die antibiotische Therapie der Wahl ist Erythromycin. Diese Substanz sollte zunächst intravenös in einer täglichen Dosierung von 2 - 4 g verabreicht werden über einen Zeitraum von einer Woche, an den sich eine orale Therapie mit 2 g täglich für mindestens zwei weitere Wochen anschließt. Rifampicin hat ebenfalls eine hohe in-vitro-Aktivität gegen Legionellen und wird häufig insbesondere bei schweren Verläufen in Kombination mit Erythromycin eingesetzt. Bisher gibt es jedoch noch keine abschließenden Daten, die eine Kombinationstherapie primär als überlegene Behandlungsform im Vergleich zur alleinigen Erythromycintherapie belegt. Auf der anderen Seite sollte Rifampicin nicht als alleiniges Antibiotikum verabreicht werden, da die Möglichkeit einer schnellen Resistenzentwicklung besteht. Die Dosierung des Rifampicins (10 - 12 mg/kg Körpergewicht) verteilt sich auf zwei bis drei tägliche Applikationen. Cotrimoxazol hat ebenfalls eine relativ hohe in-vitro-Aktivität und kann durchaus als Alternativbehandlung bei Patienten, die Erythromycin nicht nehmen können, oder aus anderen Gründen eingesetzt werden, wenn auch die bisherigen Zahlen noch sehr klein sind. Andere antimikrobielle Substanzen wie z.B. die Beta-Laktam-Antibiotika sind in-vitro deutlich aktiver als bei klinischem Einsatz. Diese Diskrepanz ist wahrscheinlich durch die intrazelluläre Lokalisation der Legionellen zu erklären, welche dort für manche Substanzen (Penicilline, Cephalosporine) wegen der mangelnden Penetrationsfähigkeit nicht zu erreichen

sind. In Zukunft können neuere Chinolonderivate (z.B. Ofloxacin, Ciprofloxacin) als interessante therapeutische Alternativen bewertet werden. Der Erfolg der bisherigen Therapie mit Erythromycin ist z.T. recht eindrucksvoll, die Hälfte der Patienten kann innerhalb von wenigen Tagen afebril werden. 10 - 30% der Patienten bleiben jedoch länger als eine Woche febril. Auch die röntgenologischen Infiltrationen benötigen noch eine beträchtliche Zeit, häufig sechs bis zwölf Wochen, um eine eindeutige Rückbildungstendenz aufzuweisen. Auch dieses ist mit einer Grundlage für die Empfehlung einer mindestens dreiwöchigen Erythromycintherapie. Ein Infektionsrezidiv tritt, insbesondere wenn eine hochdosierte und langdauernde Erythromycinbehandlung vorgenommen wurde, selten auf. In einigen Rezidivfällen könnten die Erkrankungen durch eine erneute Erythromycintherapie erfolgreich behandelt werden. Häufig wird allerdings in dieser Situation zusätzlich Rifampicin verabreicht.

Prognose

Die Letalitätsrate der Legionärspneumonie liegt infolge eines hohen Anteils recht schwerer Grunderkrankungen bei den betroffenen Patienten zwischen 15 und 30%. Erhöhte Risikofaktoren sind hohes Alter über 65 - 70 Jahre, das Vorhandensein eines septischen Schocks und schwere zerebrale Symptome. Auch nosokomiale Legionärspneumonien haben eine deutlich schlechtere Prognose mit 30 - 40% Letalität im Vergleich zu ambulant erworbenen Legionärspneumonien. Zu beachten ist auch, daß offensichtlich ein nicht unbeträchtlicher Teil der Legionärspneumonien mit Lungenfibrosen, zumeist in lokalisierte Form ausheilen können. Die frühzeitige spezifische Therapie mit Erythromycin über zumindestens zwei bis drei Wochen scheint nicht nur die Letalitätsrate zu senken sondern auch derartigen funktionellen Einbußen vorzubeugen. Es gilt demnach heute, bei jeder Pneumonie frühzeitig auch an die Möglichkeit einer Legionellen-Ätiologie zu denken.

Literatur

1. Brenner, D.J., Steigerwalt, A.G., and McDage, J.E.: Classification of the Legionnaires' disease bacterium: *Legionella pneumophila*, genus novum species nova of the family Legionellaceae, familia nova. Ann. intern. med. 90 (1979), 656
2. Chandler, F.W., Hicklin, M.D., and Blackmon, J.A.: Demonstration of the agent of Legionnaires' disease in tissue. New Engl. J. Med. 297 (1977), 1218

3. Fraser, D.W., Tsai, T.R., Orenstein, W., et al.: Legionnaires' disease: Description of an epidemic. *New Engl. J. Med.* 297 (1977), 1189
4. 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 diseases. *New Engl. J. Med.* 297 (1977), 1197
5. Tsai, T.F., Finn, D.R., Plikatis, B.D., et al: Legionnaires' disease: Clinical features of the epidemic in Philadelphia. *Ann. intern. Med.* 90 (1979), 509
6. Edelstein, P.H.: Laboratory diagnosis of Legionnaires' disease. In: *Legionella*. (Hrsg.: Thornsberry, C. et al.) Proceed. 2nd International Symposium. Amer. Soc. Microbiol. (1984), 3
7. Thacker, S.B., Bennet, J.V., Tsai, T.F., et al.: An outbreak in 1965 of severe respiratory illness caused by the Legionnaires' disease bacterium. *J. infect. Dis.* 138 (1978), 512
8. Glick, T.H., Gregg, M.B., Berman, B., et al.: Pontiac fever-epidemic of unknown etiology in a health department. 1. Clinical and epidemiological findings. *Amer. J. Epidemiol.* 107 (1978), 146
9. Cherry, W.B., Pittmann, H., Harris, P.P., et al.: Detection of Legionnaires' disease bacteria by direct immunfluorescent staining. *J. Clin. Microbiol.* 8 (1978), 329
10. Cordes, L.G., Wiesenthal, A.M., Gorman, G.M., et al.: Isolation of *Legionella pneumophila* from hospital shower heads. *Ann. intern. Med.* 94 (1981), 195
11. Dondero, T.J., Rendtorff, R.C., Mallison, G.F., et al.: An outbreak of Legionnaires' disease associated with a contaminated air-conditioning cooling tower. *New. Engl. J. Med.* 302 (1980), 365
12. Brenner, D.J., Steigerwaldt, A.G., Gorman, J.W., et al.: Ten new species of *Legionella*. *Int. J. System. Bacteriol.* 35 (1985), 50
13. Cordes, L.G., and Fraser, D.F.: Legionellosis. *Med. Clin. N. Amer* 64 (1979), 395
14. Fleurette, J. und Bornstein, N.: Lungenerkrankungen durch *Legionella* Species. *Infection* 10 (1982), 74

15. Kemmerich, B., Lode, H., Hartmann, H., et al.: Ambulant erworbene Pneumonien. In: Current aspects of bacterial and nonbacterial pneumonias. (Hrsg.: Lode, H.) G. Thieme, Stuttgart, 1984, 106
16. Lode, H., Schäfer, H. und Ruckdeschel, G.: Legionärskrankheit. Dtsch. med. Wschr. 107 (1982), 326
17. Lode, H., Grothe, R., Schäfer, H. und Ruckdeschel, G.: Klinische und prognostische Aspekte von nosokomialen Legionärspneumonien. Prax. klin. Pneumol. 37 (1983), 925
18. Beaty, H.N.: Clinical features of Legionellosis. In: Legionella. (Hrsg.: Thornsberry, C. et al.) Proceed. 2nd International Symposium. Amer. Soc. Microbiol. (1984), 6
19. Miller, A.C.: Early clinical differentiation between Legionnaires' disease and other sporadic pneumonias. Ann. intern. Med. 90 (1979), 526
20. Kirby, B.D., Snyder, K.M., Meyer, R.D., and Finegold, S.M.: Legionnaires' disease. Report of sixty-five nosocomially acquired cases and review of the literature. Medicine (Baltimore) 59 (1980), 188
21. Helms, C.M., Viner, J.P., Sturm, R.H., Renner, E.D., and Johnson, W.: Comparative features of pneumococcal, mycoplasmal and Legionnaires' disease pneumonias. Ann. intern. Med. 90 (1979), 543

Tab. 1: Legionärspneumonien bei ambulant erworbenen Pneumonien

Anzahl: Von 105 - 10 (9,5%) L.P.

Patienten: 7♂, 2♀ (45 - 88 Jahre; i.M. 63 Jahre)

Grunderkrank.: Herzinsuff. - 7, COLD - 4
Leberzirrhose - 5, Diabetes mell. - 3

Symptome: Fieber: > 38,5 °C (10)
Thoraxschmerzen: 7
Ausswurf: 7
Leukozyten: i.M. 12.700/mm³
Kreatininserumk.: i.M. 127 µMol/l

Tab. 2: Legionärspneumonien bei Intensivpatienten

Anzahl: Von 110 - 14 Pat. mit 15 (13,6%) L.P.

Art d. Pneumonien: 11/15 - nosokomial

Patienten: 9♂, 5♀ (24 - 74 Jahre, i.M. 56 J.)

Grunderkrank.: COLD - 5
Lebererkr./Alkoholism. - 4
Postop./Polytrauma - 6
Immunsuppress. - 4

Tab. 3: Vergleich von Pneumokokken-, Legionärs- u. Mykoplasmenpneumonien

	Pneumok.-Pn. (n = 23)	Legion.-Pn. (n = 14)	Mykopl.-Pn. (n = 20)
Mittleres Alter (J.)	45,2	52,0	34,3
Männer : Frauen	4,8 : 1	1,8 : 1	0,5 : 1
Raucher	13 / 20	10 / 14	5 / 18
Vorangeh. respir. Sympt.	12 / 23	0 / 14	8 / 20
Fieber 38,2 °C	18 / 23	12 / 13	7 / 20
Verwirrth. Stupor u.a.	0 / 21	4 / 14	0 / 20
<u>Laborbefunde:</u>			
Haematurie (ungeklt.)	2 / 20	6 / 12	0 / 17
SGOT (40 U / l)	6 / 20	9 / 10	6 / 17
Mittlere Albumink. (g/dl)	3,7 ± 0,1	2,9 ± 0,2	3,5 ± 0,1
Letalität	2 / 23	4 / 14	0 / 20

nach Helms et al., Ann. Int. Med. 90 : 543 - 547, 1979

Tab. 4: Klinische Befunde bei Legionärspneumonie (pulmonal)

1. Pneumonie (oft multilobulär)
2. Ausgedehnte Rö-Befunde - eher geringer physikalischer Befund
3. Unproduktiver Husten
4. Mangelnder Nachweis üblicher mikrobieller Erreger
5. Mangelndes Ansprechen auf übliche antibiotische Therapie

Tab. 5: Klinische Befunde bei Legionärspneumonie (extrapulmonal)

1. Fieber mit relativer Bradykardie
2. Diarrhoe/Subilens
3. ZNS-Veränderungen
4. Leberfunktionsstörungen
5. Nierenfunktionsstörungen
6. Hyponatriämie
7. Hypophosphatämie

Epidemiologische Gesichtspunkte der Legionella-Infektion

*B. Ruf, D. Schürmann, I. Horbach, F.-J. Fehrenbach
und H. D. Pohle*

Zusammenfassung

Legionellen sind ubiquitär vorkommende, wasserständige Keime, die für den gesunden Menschen nur eine geringe individualmedizinische Bedeutung haben. Bei individueller Prädisposition (schwere Grunderkrankungen, Immunsuppression etc.) und der Exposition gegenüber Legionellen werden Erkrankungsfälle häufiger beobachtet. Als Keimreservoir wurden kolonisierte Klimaanlagen, Kühltürme und Trinkwasserverteilungssysteme identifiziert. Legionellosen entstehen besonders häufig im Krankenhaus; die Ursache hierfür und die Konsequenzen werden diskutiert.

Einleitung

Seit ihrer Entdeckung 1977 [1, 2] werden Legionellen als Erreger sporadischer und epidemischer akuter pulmonaler Infektionssyndrome mit zunehmender Häufigkeit beschrieben [3, 4, 5]. Epidemiologische Untersuchungen haben die weite Verbreitung dieser Keime in unserer Umwelt belegt [6, 7], und prospektive Studien haben gezeigt, daß diese Erreger mit unterschiedlicher Inzidenz als Pneumonie-Erreger identifiziert wurden [4, 8, 9, 10]. Epidemisch auftretende Legionellosen haben durch hohe Letalität großes öffentliches Interesse und Untersuchungen durch die Gesundheitsbehörden ausgelöst [1, 3, 5]. Die Mehrzahl der Fälle tritt jedoch sporadisch auf. Sie werden in der Mehrzahl nicht erkannt und entgehen somit epidemiologischen Berechnungen. Daher kann die Bedeutung der Legionellose erst bei routinemäßiger Anwendung der Legionella-Diagnostik annähernd eingeschätzt werden [4, 10].

Der Erreger

Legionellen sind gramnegative Stäbchenbakterien [2]. Nach taxonomischen Kriterien repräsentieren sie eine eigene Familie (Legionellaceae) mit der Gattung *Legionella*: es gibt hier die Spezies *Legionella pneumophila* mit 11 Serogruppen und 21 weitere Spezies (Tab. 1). Die Entdeckung weiterer *Legionella*-Spezies und -Serogruppen ist zu erwarten. Die Mehrzahl der bisher identifizierten Legionellen sind beim Menschen als Erreger akuter Erkrankungen beschrieben (Tab. 1), [11 - 18].

Die bei *Legionella*-Infektionen des Menschen am häufigsten nachgewiesene Spezies ist *Legionella pneumophila* [3, 19, 20]; von ihnen 11 Serogruppen ist die Serogruppe 1 die bedeutsamste [3]. Nahezu alle bisher bekannten Epidemien und die Mehrzahl der sporadischen Fälle wurden durch *L. pneumophila* SG 1 hervorgerufen [1, 3, 4, 5, 10, 19, 20]. Auch bei unseren bisher diagnostizierten 128 Fällen war *L. pneumophila* SG 1 in 87% der Fälle nachweisbar (Tab. 2). Andere *Legionella*-Spezies als *L. pneumophila* haben wir bei Erkrankungen des Menschen und im Wasserversorgungssystem unseres Krankenhauses bisher nicht nachgewiesen.

In einer großen Zusammenstellung der Centers for Disease Control (CDC) war *L. pneumophila* in 80 - 85% und die Serogruppe 1 in 49 - 52% nachweisbar [20]. Auch in der Umwelt wurde *L. pneumophila* am häufigsten isoliert [6, 7]. Es ist bisher nicht geklärt, ob bestimmte Pathogenitätsmerkmale von *L. pneumophila* für das relativ häufige Vorkommen dieses Erregers bei *Legionella*-Erkrankungen des Menschen verantwortlich sind. Legionellen wachsen aufgrund ihrer besonderen Nährbodenansprüche nicht auf herkömmlichen Medien [2, 3]; dies erklärt u.a. ihre späte Entdeckung. In der Umwelt erweist sich der Erreger jedoch auch bei großen Temperaturschwankungen und unterschiedlichsten Umwelteinflüssen als überlebensfähig [7, 21].

Erreger-Ökologie und Infektionsweg

Legionellen sind wasserständige und ubiquitär vorkommende Umweltkeime [6, 7]. Im Organismus rufen sie Infektionen der Lunge hervor. Nach einer Inkubationszeit von 2 - 10 Tagen kommt es zu oft schwer verlaufenden Pneumonien [1, 3]. Die Legionellose kann auch als "Pontiac fever" - eine akute fiebrhafte Erkrankung der oberen Luftwege ohne Pneumonie - verlaufen [3]. Legionellen haben als fakultative Zellparasiten einen engen Tropismus zu mono-makrophagozytären Zellen, in denen sie günstige Überlebens- und Vermehrungsvoraussetzungen finden [22, 23, 24, 25]. In der Umwelt bilden sie eine nicht in allen Einzelheiten geklärte Lebensgemeinschaft mit Amoeben und Algen [23, 25, 26].

In technischen Anlagen, die der Wasseraufbereitung oder -verteilung dienen

oder unter Verwendung von Wasser betrieben werden (z.B. Kühltürme, Klimaanlagen, Trinkwasserversorgung etc.), kann es zu einer Kontamination des Wassers mit Legionellen in hohen Keimzahlen kommen [27 - 32]. Erregerhaltige Aerosole können auf aerogenem Weg zur pulmonalen Besiedelung mit Legionellen führen [3, 33]. Auch die Mikroaspiration erregerhaltiger Flüssigkeit wird als Möglichkeit der pulmonalen Besiedelung mit Legionellen diskutiert [29, 33]. Eine Übertragung von Mensch zu Mensch wurde bisher nicht beobachtet [33].

Um den Zusammenhang zwischen Legionella-Nachweis in der Patientenumgebung und Legionella-Infektion zu beweisen, wurden Umgebungs(isolate mit solchen aus klinischem Material verglichen; die Identität der Isolate in Spezies und Serogruppe und das Ausbleiben weiterer Legionellosen nach Dekontamination der angeschuldigten Infektionsquellen wurden als Hinweis auf die Infektionsquelle gewertet [27, 28, 29, 32]. Inzwischen ist der Identitätsvergleich bei übereinstimmender Serogruppe durch Plasmidanalysen und Subtypisierung mit monoklonalen Antikörpern verfeinert worden [30, 31]. Besonders bei Nachweis der gleichen Serogruppe in verschiedenen Wasserstellen der Patientenumgebung kann mit diesen Methoden die Infektionsquelle bestimmt werden [30, 31].

Die Bewertung des Vergleiches von Patienten- und Wasserisolaten unterliegt jedoch folgenden Einschränkungen:

- 1) Die Entnahme der Wasserprobe erfolgt nicht zum Zeitpunkt der Infektion.
- 2) Es können nicht alle potentiellen Infektionsquellen erfaßt werden.

Zur klinischen Manifestation der Legionellose sind entweder besondere quantitative Gegebenheiten auf der Erregerseite, unterschiedliche Pathogenität der Erreger und (oder) besondere Empfänglichkeitsvoraussetzungen auf der Wirtsseite erforderlich; vor allem letztere sind bislang weitgehend unklar und werden mit Begriffen wie Immunsuppression und (oder) lokaler Vorschädigung umschrieben.

Krankheitsepidemiologie

Die retrospektiven Untersuchungen von klinisch oder autoptisch gewonnenen Materialien von Patienten mit ätiologisch ungeklärter Pneumonie zeigen, daß die Legionellose keine neue, sondern eine neu entdeckte Krankheit ist [34, 35]. In unserem retrospektiv untersuchten Sektionsmaterial von an Pneumonie Verstorbenen konnten wir bis 1969 - dem Jahr mit dem frühest verfügbaren Untersuchungsmaterial - Legionella-Pneumonien nachweisen. In den USA konnten Erkrankungsfälle bis 1943 zurückverfolgt werden [34].

Legionellosen treten sporadisch oder epidemisch auf, und man unterscheidet zwischen ambulanter und nosokomialer Entstehung. Epidemische Ausbrüche sind Folge einer Exposition vieler Menschen durch Verbreitung legionellahaltiger Aerosole [3, 28, 33]. Bei der überwiegenden Zahl der Legionellosen handelt es sich um sporadische Fälle; diese werden häufig übersehen, da assozi-

ierte Erkrankungen ausbleiben und diagnostizierende klinische Symptome für eine Legionellose fehlen [4, 10]. Da Legionellen sowohl im Wasserversorgungsnetz von Krankenhäusern als auch Privathaushalten vorkommen, ist die nosokomiale Häufung sporadischer Legionellosen überwiegend als Folge der Konzentration schwerkranker Menschen mit prädisponierenden Erkrankungen an einem Orte anzusehen und nicht als Krankenhauseigentümlichkeit [36].

Nur in prospektiven Studien kann die Inzidenz der Legionellose zutreffend bestimmt werden. Ihr Anteil am ätiologischen Spektrum aller Pneumonien wurde mit bis zu 40% angegeben (Tab. 3) [4, 8, 9, 10]. Diese Studien zeigen zudem die nosokomiale Häufung der Legionellose. Die großen Schwankungen der Inzidenz können Folge unterschiedlicher epidemiologischer, geographischer oder klimatischer Bedingungen und unterschiedlich zusammengesetzter Kollektive sein. Die große Spanne in den Angaben zur Inzidenz macht eine Hochrechnung auf die Gesamtzahl aller Pneumonien problematisch, da diese Studien an Krankenhauspatienten durchgeführt wurden, die ein selektiertes Kollektiv repräsentieren [4, 19].

In einer Studie in den USA wurde die Inzidenz von Legionellosen am ätiologischen Spektrum ambulant erworbenen Pneumonien mit 1% angegeben [37]. Unter Berücksichtigung der lokalen Inzidenz von 1,2 Pneumonien auf 1000 Einwohner wurde die Häufigkeit der *Legionella*-Pneumonie mit 12/100.000 Einwohner angegeben [37]. Auf die Bundesrepublik Deutschland übertragen, bedeutet dies 7.200 Legionellosen pro Jahr. Diese Zahlen sind eher zu niedrig, da die nosokomialen Legionellosen unberücksichtigt bleiben, und die *Legionella*-Diagnostik nur auf dem serologischen Nachweis von Antikörpern gegen *L.pneumophila* SG 1 beruhte [3, 37].

Risikofaktoren

Jeder Mensch kann unabhängig von Alter, Geschlecht und prämorbidem Status an einer Legionellose erkranken. Das Risiko für Gesunde ist jedoch als relativ gering einzuschätzen, da der Erreger für den Menschen nur eine geringe Pathogenität aufweist [24]. Patienten mit Störungen lokaler oder systemischer Abwehrmechanismen haben jedoch ein erhöhtes Risiko, an einer Legionellose zu erkranken (Tab. 4) [3, 19, 36]. Besonders Patienten mit krankheitsimmanenter oder iatrogen verursachter Immunsuppression erkranken überproportional häufig an Legionellose [3, 36], literaturüblich und nach eigenen Erfahrungen repräsentieren diese Patienten allein einen Anteil von bis zu 40% im Kollektiv an Legionellose Erkrankter [36]. Nach experimentellen Untersuchungen haben Raucher eine beeinträchtigte Funktion der Lungenmakrophagen, denen bei der Abwehr einer *Legionella*-Infektion eine zentrale Bedeutung zukommt; dies könnte den hohen Anteil von Rauchern in Patientenkollektiven mit Legionellose erklären [36]. Nach Literaturangaben haben Männer ein um das dreifache

erhöhtes Risiko [3, 19]. Patienten erkranken mit steigendem Alter häufiger [1, 3, 19].

Praktische Konsequenzen

Sind örtlich gehäufte Legionellosen dokumentiert, so ist die Umgebung auf das Vorhandensein von Legionellen zu untersuchen. Folgendes Vorgehen ist zu empfehlen [38]:

- 1) Etablierung einer prospektiven klinischen Studie zur Bestimmung der Inzidenz. Durchführung von Untersuchungen im Trinkwasserverteilungssystem und gegebenenfalls der Klimaanlagen zur Bestimmung des Vorkommens von Legionellen.
- 2) Identitätsvergleich der Legionella-Isolate zum Beweis des unterstellten epidemiologischen Zusammenhangs und Lokalisierung der Infektionsquelle.
- 3) Ist der epidemiologische Zusammenhang bewiesen, ist die Dekontamination des Erregerreservoirs zu diskutieren.

Wie mehrere Studien zeigten, konnte durch thermische und chemische Dekontamination in Krankenhäusern ein deutlicher Rückgang der Legionellose-Fälle bewirkt werden [27, 29].

Literatur

1. Fraser, D.W., Tsai, T., Orenstein, W. et al.: Legionnaires' disease: description of an epidemic of pneumonia. N. Engl. J. Med. 297 (1977), 1189 - 1197
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. N. Engl. J. Med. 297 (1977), 1197 - 1203
3. Meyer, R.D.: Legionella Infections: A Review of Five Years of Research. Rev. Inf. Dis. 5 (1983), 258 - 278
4. Muder, R.R., Yu, V.L., McClure, J.K. et al.: Nosocomial Legionnaires' Disease Uncovered in a Prospective Pneumonia Study. JAMA, 249 (1983), 3184 - 3188
5. Rashed, K., Mason, A., Gibson, J. et al.: Legionnaires' disease in Stafford: Management of an epidemic. Lancet i (1986), 197 - 199
6. Arnow, P.M., Weil, D. and Para, M.F.: Prevalence and Significance of Legionella pneumophila Contamination of Residential Hot-Tap Water Systems. J. Inf. Dis. 152 (1985), 145 - 151

7. Fliermans, C.B., Cherry, W.B., Orrison, L.H. et al.: Ecological Distribution of *Legionella pneumophila*. *Appl. Environ. Microbiol.* 41 (1981), 9 - 16
8. Lode, H., Schäfer, H. und Ruckdeschel, G.: Legionärskrankheit. Prospektive Studie zur Häufigkeit, Klinik und Prognose. *Dtsch. Med. Wschr.* 107 (1982) 326 - 331
9. Macfarlane, J.T., Finch, R.G., Ward, M.J. et al.: Hospital Study of Adult Community-Acquired Pneumonia: *Lancet* ii (1982), 255 - 258
10. Yu, V.L., Kroboth, F.J., Shonnard, J. et al.: Legionnaires' disease: New clinical perspective from a prospective pneumonia study. *Am. J. Med.* 73 (1982), 357 - 361
11. Brenner, D.J., Steigerwalt, A.G., Gorman, G.W. et al.: Ten New Species of *Legionella*. *Int. J. System. Bacteriol.* 35 (1985), 50 - 59
12. Thacker, W.L., Benson, R.F., Wilkinson, H.W. et al.: 11th Serogroup of *Legionella pneumophila* Isolated from a Patient with Fatal Pneumonia. *J. Clin. Microbiol.* 23 (1986), 1146 - 1147
13. Edelstein, P.H. and Pryor, E.P.: A New Biotype of *Legionella dumoffii*. *J. Clin. Microbiol.* 21 (1985), 641 - 642
14. Tang, P.W., Toma, S. and MacMillan, L.G.: *Legionella oakridgensis*: Laboratory Diagnosis of a Human Infection. *J. Clin. Microbiol.* 21 (1985), 462 - 463
15. Thacker, W.L., Wilkinson, H.W., Plikaytis, B.B. et al.: Second Serogroup of *Legionella feeleii* Strains Isolated from Humans. *J. Clin. Microbiol.* 22 (1985), 1 - 4
16. Wilkinson, H.W., Thacker, W.L., Steigerwalt, A.G. et al.: Second Serogroup of *Legionella hackeliae* Isolated from a Patient with Pneumonia. *J. Clin. Microbiol.* 22 (1985), 488 - 489
17. Wilkinson, H.W., Thacker, W.L., Brenner, D.J. et al.: Fatal *Legionella maceachernii* Pneumonia. *J. Clin. Microbiol.* 22 (1985), 1055
18. Tang, P.W., Toma, S., Moss, C.W. et al.: *Legionella bozemanii* Serogroup 2: A New Etiological Agent. *J. Clin. Microbiol.* 19 (1984), 30 - 33

19. Broome, C.: State of the Art Lecture. Current Issues in Epidemiology of Legionellosis 1983. In: *Legionella: Proceedings of the 2nd International Symposium* (Editors: Thornsberry, C., Balows, A., Feeley, J.C., Jakubowski, W.) Amer. Soc. Microbiol., Washington 1984, 205 - 209
20. Reingold, A.L., Thomason, B.M., Brake, B.J. et al: Legionella Pneumonia in the United States: The Distribution of Serogroups and Species Causing Human Illness. *J. Inf. Dis.* 149 (1984), 819
21. Dennis, P.J., Green, D. and Jones, B.P.C.: A note on the temperature tolerance of Legionella. *J. Appl. Bacteriol.* 56 (1984), 349 - 350
22. Hicklin, M.D., Thomason, B.M., Chandler, F.W. et al.: Pathogenesis of Acute Legionnaires' Disease Pneumonia. *Am. J. Soc. Clin. Pathol.* 73 (1980), 480 - 487
23. Holden, E.P., Winkler, H.H., Wood, D.O. et al: Intracellular Growth of *Legionella pneumophila* within *Acanthamoeba castellani* Neff. *Inf. Immun.* 45 (1984), 18 - 24
24. Horwitz, M.A.: State of the Art Lecture. Interactions between *Legionella pneumophila* and Human Mononuclear Phagocytes. In: *Legionella Proceedings of the 2nd International Symposium* (Editors: Thornsberry, C., Balows, A., Feeley, J.C., Jakubowski, W.) Amer. Soc. Microbiol., Washington, 1984, 159 - 166
25. Rowbotham, T.J.: Preliminary report on the pathogenicity of *Legionella pneumophila* for freshwater and soil amoebae. *J. Clin. Pathol.* 33 (1980), 1179 - 1183
26. Pope, D.H., Soracco, R.J., Gill, H.K. et al: Growth of *Legionella pneumophila* in Two-Membered Cultures with Green Algae and Cyanobacteria. *Curr. Microbiol.* 7 (1982), 319 - 322
27. Colbourne, J.S., Pratt, D.J., Smith, M.G. et al.: Water Fittings as Sources of *Legionella pneumophila* in a Hospital Plumbing System. *Lancet* i (1984), 210 - 213
28. Garbe, P.L., Davis, B.J., Weisfeld, J.S. et al.: Nosocomial Legionnaires' Disease: Epidemiologic Demonstration of Cooling Towers as a Source. *JAMA* 254 (1985), 521 - 524

29. Johnson, J.T., Yu, V.L., Best, M.G.. et al.: Nosocomial Legionellosis in Surgical Patients with Head-And-Neck Cancer: Implications for Epidemiological Reservoir and Mode of Transmission. *Lancet* ii (1985), 298 - 300
30. Meenhorst, P.L., Reingold, A.L., Grothuis, D.G. et al.: Water-Related Nosocomial Pneumonia Caused by *Legionella pneumophila* Serogroups 1 and 10. *J. Inf. Dis.* 152 (1985), 356 - 364
31. Neill, M.A., Gorman, G.W., Gibert, C. et al.: Nosocomial Legionellosis, Paris, France. Evidence for Transmission by Potable Water. *Am. J. Med.* 78 (1985), 581 - 588
32. Stout, J., Yu, V.L., Vickers, R.M. et al.: Ubiquitousness of *Legionella pneumophila* in the Water Supply of a Hospital with Endemic Legionnaires Disease. *N. Engl. J. Med.* 306 (1982), 466 - 468
33. Winn, W.C. Jr.: Legionella and Legionnaires' Disease: A Review with Emphasis on Environmental Studies and Laboratory Diagnosis. *CRC Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.* 21 (1985), 323 - 381
34. Hebert, G.A., Moss, C.W., McDougal, L.K. et al: The rickettsia-like organisms Tatlock (1943) and Heba (1959): Bacteria phenotypically similar to but genetically distinct from *Legionella pneumophila* and the Wiga bacterium. *Ann. Intern. Med.* 92 (1980), 45 - 52
35. Thacker, S.B., Bennett, J.V., Tsai, T.F. et al.: An Outbreak in 1965 of Severe Respiratory Illness Caused by the Legionnaires' Disease Bacterium. *J. Inf. Dis.* 138 (1978), 512 - 519
36. Dournon, E., De Truchis, P.: Maladie des legionnaires. *Nouv. Rev. Fr. Hematol.* 24 (1982), 321 - 333
37. Foy, H.M., Broome, C.V., Hayes, P.S. et al.: Legionnaires' Disease in a Prepaid Medical-Care Group in Seattle 1963 - 75. *Lancet* i (1979), 767 - 770
38. Winn, W.C. Jr.: The Problem of Environmental *Legionella*. *Inf. Contr.* 6 (1985), 139 - 140

Tab. 1: Bisher identifizierte Legionella-Spezies und Serogruppen (Autorenzitate)

Bisher bei Erkrankungen nachgewiesene Spezies		Bisher nur in der Umwelt nachgewiesene Spezies
<i>L. pneumophila</i> (11 Serogruppen)	[11,12]	<i>L. sainthelensi</i> [11]
<i>L. micdadei</i>	[11]	<i>L. anisa</i> [11]
<i>L. dumoffii</i>	[11,13]	<i>L. jamestowniensis</i> [11]
<i>L. gormanii</i>	[11]	<i>L. rubrilucens</i> [11]
(2 Serogruppen)		<i>L. erythra</i> [11]
<i>L. longbeachae</i>	[11]	<i>L. spirientis</i> [11]
(2 Serogruppen)		<i>L. parisiensis</i> [11]
<i>L. jordanis</i>	[11]	<i>L. cherii</i> [11]
<i>L. oakridgensis</i>	[14]	<i>L. steigerwaltii</i> [11]
<i>L. wadsworthii</i>	[11]	<i>L. santacrucis</i> [11]
<i>L. feeleii</i> (2 Serogruppen)	[11,15]	
<i>L. hackeliae</i> (2 Serogruppen)	[11,16]	
<i>L. maceachernii</i>	[17]	
<i>L. bozemanii</i> (2 Serogruppen)	[11,18]	

Tab. 2: Nachgewiesene Spezies- und Serogruppen bei 128 Patienten mit Legionellose im Rudolf-Virchow-Krankenhaus

Erreger		Fallzahl
L. pneumophila	Serogruppe	
	1	112
	2	-
	3	1
	4	4
	5	6
	6	5

Tab. 3: Häufigkeit der Legionellose im ätiologischen Spektrum der Pneumonien in prospektiven Studien

Autor	Fallzahl(%)	nosokomial(%)	ambulant(%)	Diagnostik
Marrie et al. (1981)	8/ 27 (30%)	ein Fall	7/ 26 (26%)	Serologie
Yu et al. (1982)	32/142 (22%)	22/ 74 (29%)	10/ 68 (15%)	Kultur, Serologie, DIF
MacFarlane et al. (1982)	19/127 (15%)		19/127 (15%)	Kultur, Serologie
Lode et al. (1983)	9/109 (8%)		9/109 (8%)	Serologie
Muder et al. (1983)	23/ 57 (40%)	15/ 32 (47%)	8/ 25 (32%)	Kultur, Serologie, DIF
Muder et al. (1983)	7/ 73 (9%)	4/ 28 (14%)	9/ 45 (20%)	Kultur, Serologie, DIF
Ruf et al. (1984)	28/476 (6%)	16/236 (7%)	12/240 (5%)	Kultur, Serologie, DIF, RIA (Urin)

Tab. 4: Risikofaktoren bei Patienten mit Legionellose

R i s i k o f a k t o r e n	
Alter	
Rauchen	
Alkoholabusus	
Lungenerkrankung	
Maligne Grundkrankheit	
Chronische Niereninsuffizienz	
Chronische Lebererkrankung	
Immunsuppressive Therapie	
Organtransplantation	
Postoperativer Status	Verminderung systemischer und lokaler pulmonaler Abwehrmechanismen

Antigennachweis bei Legionellose: Bedeutung für die Frühdiagnose

F.-J. Fehrenbach und I. Horbach

Einleitung

Eine Methode zum schnellen Nachweis der Legionärs-Krankheit wurde bereits 1978, seit dieses Thema erstmals auf einem internationalen Symposium über die Legionärs-Krankheit in Atlanta diskutiert wurde, gefordert. Diese Forderung wurde allerdings erst befriedigt, als Schnellmethoden zum Nachweis von Legionella-Antigen in Körperflüssigkeiten (z.B. Blut, Urin) verfügbar wurden und als Routinetchniken im sogenannten Radioimmunoassay (RIA) und Enzymeimmunoassay (ELISA) im klinisch-mikrobiologischen Laboratorium durchgeführt wurden [1 - 7, 9, 11, 12]. Durch diese Entwicklung wurde die Diagnostik der Legionärs-Krankheit maßgeblich verbessert, da nunmehr Verfahren zur frühen ätiologischen Diagnose verfügbar waren. Interessanterweise standen jedoch der Einführung dieser Tests in die Routinediagnostik während der letzten fünf Jahre unerwartete und bisher nicht genau definierte Schwierigkeiten entgegen, obwohl die Verfahren dringend benötigt wurden. Zahlreiche Arbeiten sind seit 1979 publiziert worden, in welchen Techniken zum Nachweis von Legionella-Antigen in Körperflüssigkeiten mittels monoklonaler oder polyklonaler Antikörper des Kaninchens vorgestellt wurden [1 - 7, 9, 11, 12]. Die im einzelnen beschriebenen Verfahren unterschieden sich in der Methode der Empfindlichkeit und hinsichtlich der Erfassung der einzelnen Serogruppen und Typen von Legionellen. Die Zahl der mit RIA- oder ELISA-Techniken untersuchten Proben reicht von wenigen Fällen [1, 2, 12] bis zu großen Patientenkollektiven [3 - 7].

Für die Schwierigkeiten bei der Durchführung des Antigennachweises in der Praxis mittels ELISA- und RIA-Techniken könnten folgende Aspekte relevant sein:

1. Die Nachweisbreite hinsichtlich der erfaßten Legionella-Spezies ist schmal und erstreckt sich auf nur wenige Spezies, hauptsächlich auf *Legionella pneumophila*, Serogruppe 1.

2. Auf dem Markt sind bisher keine Test-Kits zum Antigennachweis käuflich erhältlich.
3. Laboratorien die sich mit dem Antigennachweis befassen, scheinen Schwierigkeiten bei der Produktion von Anti-Legionella-Antikörpern zu haben, die für den Nachweis von Urinantigen geeignet sind.
4. Der Antigentest wird von den meisten Klinikern wegen fehlender Information und der geringen Frequenz der Legionellose noch immer in seiner Bedeutung unterschätzt.

Es besteht jedoch kein Zweifel, daß das diagnostische Repertoire von Referenzlaboratorien für die Legionellose zusätzlich zu den konventionellen Untersuchungsmethoden auch den Antigennachweis der verschiedenen Untersuchungsmaterialien beherrschen muß. Wir berichten daher über den Nachweis von Legionella-Antigen der Serogruppe 1 mittels der ELISA-Technik nach den von Bibb und Kohler beschriebenen Verfahren [2, 4, 7]. Die Anwendung des ELISA-Tests ist keineswegs auf den Nachweis von Antigen im Urin beschränkt [5 - 7, 9, 11], sondern läßt sich auch auf Gewebehomogenate und Gewebschnitte, wie sie von der Klinik und Pathologie nach Endparaffinierung zur Verfügung gestellt werden, anwenden.

Nachweis von Legionella-Antigen in Gewebehomogenaten

Es ist schon früher gezeigt worden [12], daß der RIA- oder ELISA-Test auch auf die Untersuchung von Gewebehomogenaten angewendet werden kann. Diese Anwendung erleichtert die Diagnose von Gewebeproben erheblich, da sie den Zeitaufwand bei der direkten Immunfluoreszenz (DIF) beträchtlich reduzieren kann. Ferner können weit größere Gewebeproben verarbeitet und untersucht werden, so daß sich statistisch, nicht nur wegen der Vergrößerung der Stichprobe, sondern auch wegen der Empfindlichkeit, der Nachweis von Legionellen verbessern läßt. Die Methode eignet sich hauptsächlich auch für die Untersuchung solcher Gewebe, die gewöhnlich wegen ihrer hohen Hintergrundfluoreszenz (z.B. Niere in der DIF) Störungen verursachen. Bei 13 mit anderen diagnostischen Methoden gesicherten Legionellosen konnte zwölfmal mit dem ELISA im Gewebehomogenat die Diagnose gestellt werden. Keine der sieben Gewebeproben die als Verdachtsfälle eingestuft waren, zeigten ein positives Resultat. Für die Eingruppierung dieser Fälle als Verdachtsfälle waren die klinischen Symptome maßgebend. Allerdings zeigten zwei Gewebeproben, die mit der direkten Immunfluoreszenz untersucht wurden, eine positive Fluoreszenz mit Serogruppe 1- und Serogruppe 5-Konjugaten.

Der bisher für die Erfassung der Serogruppe 1 entwickelte ELISA-Test ist offenbar nicht in der Lage, Spezies der anderen Serogruppen mitzuerfassen. Bei einem Vergleich der ELISA- und RIA-Technik konnte an 16 antigen-positi-

tiven Urinproben gezeigt werden, daß die ELISA-Technik sogar empfindlicher als der Radioimmunoassay war. Nach Ausverdünnung des Antigens in den Untersuchungsproben war der ELISA in 11 Fällen 1 - 2 Titerstufen empfindlicher als der RIA.

Bedeutung des ELISA für die Differentialdiagnose der Legionellose

Gegenwärtig stützt sich die Laboratoriumsdiagnose der Legionellose auf eine Reihe von Verfahren, wozu u.a. die kulturelle Anzucht auf verschiedenen Medien, die direkte und die indirekte Immunfluoreszenz, letztere zur Bestimmung von Serumantikörpern, sowie der ELISA oder RIA zählen und die in der Regel nebeneinander angewendet werden. Einige Verfahren haben Nachteile, die sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Untersuchungsmaterial mehr oder weniger stark auswirken und die diagnostische Potenz einiger Verfahren begrenzen. Dies trifft vor allem für den ELISA und den RIA zu, solange im diagnostischen Spektrum dieser Tests nicht alle potentiell humanpathogenen Legionellen erfaßt werden. Dennoch sollten die wesentlichen Vorteile der ELISA- und RIA-Verfahren erkannt werden, wobei auch zu berücksichtigen ist, daß die höchste Frequenz der sporadisch beobachteten Legionellosefälle zu über 50% von Keimen der Serogruppe 1 von *L. pneumophila* verursacht werden.

Um diese Vorteile zu demonstrieren haben wir eine Gruppe von 30 Patienten mit Verdacht auf Legionellose untersucht und während des Verlaufs der Krankheit Serumantikörper und Urinantigen bestimmt. Diese Patienten konnten in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. 14 Patienten mit einer Antigenurie und einem negativen Antikörpertest.
2. 14 Patienten mit einer Antigenurie und positivem Antikörpertest.
3. 2 Patienten ohne Antigenurie und positivem Antikörpertest.

Die erste Gruppe repräsentiert das interessanteste Kollektiv, in dem von 14 Patienten 7 innerhalb der ersten 2 - 20 Tage verstarben. Alle Patienten hatten eine Antigenurie, die durch *Legionella pneumophila*, Serogruppe 1, verursacht wurde und im ELISA erfaßt werden konnte. Diese 7 Patienten entwickelten keine Serokonversion. Bei 4 Patienten konnten post mortem mit der direkten Immunfluoreszenz Mikroorganismen der Serogruppe 1 nachgewiesen werden.

In der zweiten Gruppe entwickelten 12 Patienten eine Serokonversion gegen *Legionella pneumophila*, Serogruppe 1, und je 1 Patient signifikant erhöhte Titer bzw. einen Grenztiter von 1:128.

Aus den Untersuchungen ließ sich ableiten, daß während der ersten Wochen der Krankheit der ELISA häufig einen Antigennachweis erlaubt, während selten Antikörper zu diesem frühen Zeitpunkt der Erkrankungen nachgewiesen werden können. Nach unserer Einschätzung stellt der ELISA daher ein ausgezeichnetes Verfahren dar, auf das sich die frühe Differentialdiagnose stützen kann.

Unsere Untersuchungen zeigen auch, daß Patienten während der ersten 2 - 20 Tage einem hohen Risiko ausgesetzt sind [8] und daß hier eine Frühdiagnose mit dem Ziel eine ätiologische Therapie zu ermöglichen, von besonderem Interesse ist.

Eine erfolgreiche Therapie war häufig begleitet von einem Sistieren der Antigenausscheidung im Urin [6]. Wir haben jedoch beobachtet, daß trotz adäquater Therapie die Antigenausscheidung auch über einen längeren Zeitraum persistieren kann [5, 6]. In einem Falle konnte sogar die Antigenausscheidung bis zum 124. Tag nach Krankheitsbeginn dokumentiert werden. Bei diesem Patienten ließ sich post mortem mit der direkten Immunfluoreszenz außerdem im Lungengewebe *L. pneumophila*, Serogruppe 1, nachweisen.

Literatur

1. Berdal, B.P., Farsky, C.E., Feeley, J.C.: Detection of *Legionella pneumophila* antigen in urine by enzyme-linked immunospecific assay. *J.Clin. Microbiol.* 9 (1979), 575 - 578
2. Bibb, W.F., Arnow, P.M., Thacker, L. and McKinney, R.M.: Detection of soluble *Legionella pneumophila* antigens in serum and urine specimens by enzyme-linked immunosorbent with monoclonal and polyclonal antibodies. *J.Clin. Microbiol.* 20 (1984), 478 - 482
3. Kohler, R.B., Zimmermann, S.E., Wilson, E., Allen, S.D., Edelstein, P.H., Wheat, L.J. and White, A.: Rapid radioimmunoassay diagnosis of Legionnaires' disease. *Ann. Intern. Med.* 94 (1981), 601 - 605
4. Kohler, R.B., Winn, W.C. Jr., Girod, J.C., Wheat, L.J.: Rapid diagnosis of pneumonia due to *Legionella pneumophila* serogroup 1. *J. Infect. Dis.* 146 (1982), 444
5. Kohler, R.B., and Sathapatayavongs, B.: Recent advances in the diagnosis of serogroup 1 *L. pneumophila* by detection of urinary antigen. *Zbl. Bakt. Hyg., I.Abt. Orig. A* 255 (1983), 102 - 107
6. Kohler, R.B., Winn, W.C. Jr., and Wheat, L.J.: Onset and duration of urinary antigen excretion in Legionnaires' disease. *J. Clin. Microbiol.* 20 (1984), 605 - 607
7. Kohler, R.B., Wheat, L.J., French, M.L., Meenhorst, P.L., Winn, W.C. Jr., and Edelstein, P.H.: Cross-reactive urinary antigens among patients infected with *Legionella pneumophila* serogroups 1 and 4 and the Leiden 1 strain. *J. Infect. Dis.* 152 (1985), 1007 - 1012

8. L'age, M., Horbach, I., Ulmrich, W., Weyer, H., and Fehrenbach, F.J.: Legionärskrankheit bei einer Inland-Reisegruppe. *Dtsch.med.Wschr.* 108 (1983), 288 - 292
9. Lebrun, L., Tram, C., Lapierre, F., Grangeot-Keros, L., and Pillot, J.: Detection of *Legionella pneumophila* antigen by ELISA in urine of experimentally infected guinea-pigs. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)* 134 A (1983), 155 - 161
10. Nakane P.K., Kawaoi, A.: Peroxidase-labeled antibody. A new method of conjugation. *J. Histochem. Cytochem.* 22 (1974), 1084 - 1091
11. Sathapatayavongs, B., Kohler, R.B., Wheat, L.J., White, A., Winn, W.C. Jr., Girod, J.C., Edelstein, P.H.: Rapid diagnosis of Legionnaires' disease by urinary antigen detection. Comparison of ELISA and radioimmunoassay. *Amer. J. Med.* 72 (1982), 576 - 582
12. Tilton, R.C.: Legionnaires' disease antigen detected by enzymelinked immunosorbent assay. *Ann. Intern. Med.* 90 (1979), 697 - 698
13. Zimmerman, S.E., French, M.V., Allen, S.D., Wilson, E., and Kohler, R.B.: Immunoglobulin M antibody titers in the diagnosis of Legionnaires' disease. *J. Clin. Microbiol.* 16 (1982), 1007 - 1011

Legionella-Infektionen: Erforschung und Kontrolle von Legionellosen in England und Wales - die Epidemie in Stafford 1985

*R. Stanwell-Smith**

Bereits 1977 wurde in England und Wales durch den Public Health Laboratory Service (PHLS) ein System zur Erfassung von Legionella-Infektionen durch die Untersuchungslabors eingerichtet. Dieses System wurde 1979 durch das Communicable Disease Surveillance Centre (CDSC) auf mehr als 400 Untersuchungslabore erweitert. Wenn das CDSC einen Bericht über eine Legionellose (Erkrankung mit Isolation des Erregers oder serologische Diagnostik) erhält, wird an den Arzt oder Mikrobiologen ein Fragebogen versandt. Der Fragebogen beinhaltet u.a. Angaben über Reisen, den Ort der Beschäftigung sowie Krankenhausaufenthalte. Dieses Verfahren ermöglicht die frühzeitige Erkennung gehäuft er Erkrankungsfälle, die mit Hotels, Arbeitsstätten oder Krankenhäusern verbunden sind. Dieses System hat sich in England und Wales bewährt. So konnte z.B. 1984 an der Südküste von England in einem Hotel ein whirl-pool als wahrscheinliche Infektionsursache sehr schnell ermittelt werden.

Neben dem oben erwähnten nationalen Berichtssystem führte der PHLS zwischen 1982 und 1984 Untersuchungen durch, um das Vorkommen von Legionellen in Kühlwässern für raumluftechnische Anlagen sowie in Wasserversorgungssystemen zu bestimmen. In etwa 50% der Fälle konnten Legionellen nachgewiesen werden, was die weite Verbreitung dieser Bakterien belegt. Details können hier noch nicht bekanntgegeben werden, da diese Untersuchungen getrennt publiziert werden. Da Legionellen in wasserführenden Systemen sehr weit verbreitet sind, sind epidemiologische Erhebungen unverzichtbar für die Erforschung und Kontrolle der Erkrankung. Es sind noch sehr viele Fragen im Zusammenhang mit den Ursachen für die bakterielle Besiedlung dieser Systeme und das Entstehen von Erkrankungen bzw. Epidemien offen, obwohl sich unsere Kenntnisse über die für den Menschen wichtigsten Serotypen und Subtypen von Legionella-Arten in letzter Zeit bereits verbessert haben.

* von K. Seidel übersetzte Kurzfassung des englischen Vortrages

Für Krankenhäuser hat das Department für Gesundheit und soziale Sicherheit und für andere Gebäude das Umweltschutzdepartment Richtlinien für die Wartung von wasserführenden Systemen erlassen, um das Risiko einer Legionellose zu vermindern. Die drei wichtigsten Punkte dieser Richtlinien sind:

- regelmäßige Reinigung und gute Wartung des Systems,
- Bevorratung von warmem Wasser bei 60 °C und Verteilung bei Temperaturen nicht unter 50 °C,
- regelmäßige Desinfektion der Kühl"türme" mit bioziden Substanzen unter Einschluß von Chlor.

Trotz der Einführung dieser Richtlinien kommt es in England und Wales immer wieder zu Erkrankungsfällen, da die erforderlichen Kontrollmaßnahmen nicht konsequent durchgeführt werden. Oft sind Erkrankungen im Zusammenhang mit sehr alten und komplizierten Leitungssystemen in größeren Gebäuden verbunden.

Nosokomiale Infektionen durch Legionellen sind bekannt, waren in England und Wales jedoch bis zum April 1985 nicht in einer epidemischen Form, die mit dem Geschehen in den USA 1976 vergleichbar wäre, aufgetreten. Zwischen 1979 und 1985 gab es insgesamt 7 mit Krankenhäusern verbundene Geschehen. Während der Stafford-Epidemie erkrankten insgesamt 103 Personen, 28 Patienten starben.

Stafford ist eine Kleinstadt im mittleren Westen von England. Der dazugehörige Gesundheitsbezirk umfaßt eine Bevölkerung von annähernd 300.000 Menschen. Für diese Bevölkerung gibt es in Stafford 3 Krankenhäuser, das größte ist das 1981 eröffnete District General Hospital.

Am Donnerstag, dem 25. April 1985 wurde dem CDSC eine ungewöhnliche Anzahl von vermuteten Influenzainfektionen berichtet. Anfang Mai stellte sich heraus, daß in vielen Fällen serologische Evidenz für Legionella pneumophila- Infektionen, Serogruppe 1, bestand. Ein Untersuchungsteam des CDSC hatte zu diesem Zeitpunkt bereits ausführliche Befragungen bei den Erkrankten und in deren Umfeld begonnen. Es wurde bald klar, daß das District General Hospital mit den Erkrankungen im Zusammenhang stand. Als Sofortmaßnahme wurden im Krankenhaus die Temperatur der Warmwasserversorgung auf 55 bis 60 °C erhöht und die auf dem Gebäudedach installierten Kühl"türme" der raumlufttechnischen Anlagen gereinigt und mit 5 ppm freiem Chlor desinfiziert. Sämtliche raumlufttechnischen Systeme wurden außer Betrieb gesetzt. Im nachhinein konnte bewiesen werden, daß sich nach Ergreifen dieser Maßnahmen keine neuen Erkrankungen mehr ereigneten. Ein Team des PHLS/CDSC mit Epidemiologen, Mikrobiologen und einem Ingenieur hatte inmitten unvorstellbarer Publizität und verständlicher Besorgnis der Bevölkerung zu arbeiten und zu klären, warum in einem neuen und sehr sorgfältig geplanten Krankenhaus Patienten und Personal gegenüber Legionellen exponiert waren. Die Erkrankungsfälle wurden in drei Kategorien eingeteilt: Sicher, wahrscheinlich und möglich. Zur ersten Gruppe

gehörten 64 Krankenhauspatienten und zusätzlich Patienten, die zu Hause gepflegt wurden; 20 davon verstarben. Als wahrscheinlich wurden 4 Erkrankungen bezeichnet, von denen 2 Patienten verstarben. Mögliche Fälle waren 21 von denen 6 verstarben. Alles in allem betrug die Letalität 27%. Es erkrankten mehr Männer als Frauen, das Alter der Patienten reichte von 36 bis 88 Jahren. Die meisten Patienten infizierten sich offenbar in der zweiten und dritten Woche im April 1985. Eine Vielzahl zusätzlich durchgeföhrter serologischer und mikrobiologischer Untersuchungen ergab, daß sich die Erkrankungen sowohl bei den Patienten als auch bei den wenigen Erkrankungsfällen im Personal auf den Ambulanzbereich des Krankenhauses bezogen. Die Exposition zu geöffneten Fenstern sowie zur Wasserversorgung (Handwaschbecken, Toilette) war in keinem Fall mit Erkrankungen verbunden. Die raumluftechnischen Anlagen des Hospitals verfügen über 4 Kühl"türme", von denen kurz vor dem Ausbruch 2 in Betrieb waren. Neben Untersuchungen des Wassers in den Kühl"türmen" wurden auch Luftproben untersucht, sowie Gas-Tracer-Experimente in den raumluftechnischen Anlagen durchgeföhr. Ein Subtyp von *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 konnte aus dem Wasser des Kühl"turms" Nr. 4, der den Ambulanzbereich versorgt, isoliert werden. Aus Abstrichen vom Isolationsmaterial des Luftkühlers, der den gleichen Krankenhausbereich versorgt, konnten die Keime ebenfalls isoliert werden. Wasser aus dem Kühl"turm" 4 konnte in den Luftkühler gelangen und die zum Ambulanzbereich führende saubere Luft kontaminieren. Im Wasser unterhalb des Luftkühlers konnten sich die Legionellen auch vermehren.

Zusammen mit den epidemiologischen Daten läßt dies den Schluß zu, daß die Verunreinigung des Wassers unter dem Luftkühler die Ursache für die Epidemie gewesen ist. Dennoch muß bemerkt werden, daß einige Erkrankte und einige Angehörige des Personals, bei denen es serologische Hinweise auf eine Infektion gegeben hat, sich überwiegend in anderen Bereichen des Krankenhauses aufgehalten haben. Die durchgeföhrten Tracer-Studien belegten, daß es möglich ist, daß zusätzlich auch von der Drift des Kühl"turms" eine Exposition aus gegangen sein kann. Der Ambulanzbereich des Krankenhauses unterscheidet sich von den anderen Bereichen dadurch, daß er gänzlich klimatisiert ist und daß Patienten, von denen sehr viele älter und chronisch krank waren, sich längere Zeit dort aufhielten. Dies mag das offenkundige größere Erkrankungsrisiko im Ambulanzbereich erklären.

Ausführliche Berichte über diese Epidemie werden demnächst in verschiedenen Fachzeitschriften erscheinen. An der Aufklärung der Epidemie in Stafford und den geplanten Veröffentlichungen waren besonders beteiligt Frau Dr. Mary O'Mahony, Dr. Hilary Tillett, Dr. Ian Farrel Dr. J. Hutchison, Dr. D. Hutchinson, Dr. John Lee, Dr. Julian Dennis, Dr. H. Duggal, Dr. Spence Galbraith, Frau Sue Wilkins, Dr. Chris Bartlett sowie die Autorin des Vortrags.

Gibt es eine Strategie zur Verhinderung von Legionella-Infektionen? - Erfahrungen aus den Niederlanden -

T. Trouwborst

1. Einführung

Für viele, die mit der Hygiene und Ökologie von Wassersystemen zu tun haben, werden Legionella-Infektionen ein mehr allgemeines hygienisches Problemfeld gebildet haben, wofür es eher noch keine harten Beweise, sondern mehr Vermutungen für gesundheitlich schädliche Effekte gab.

Schon vor der Entdeckung von Legionellen gab es bereits verschiedene Signale, daß Wasser enthaltende Systeme unter gewissen Umständen Anlaß für hygienisch bedenkliche Situationen geben können. Gleichzeitig gab es gesellschaftliche Entwicklungen, die aus mikrobiologischem Gesichtspunkt bedenklich waren. Um einige Aspekte zu nennen:

- Es gab verschiedene Hinweise, daß bestimmte Typen von Luftbefeuchtungsgeräten Mikroorganismen verteilen und Anlaß zu Atemwegerkrankungen geben können;
- Im letzten Jahrzehnt gab es eine Tendenz, die Temperatur von Warmwasserinstallationen zu drosseln. Gründe hierzu waren unter anderem Energieeinsparung, Verminderung von Kalkablagerung und Verminderung von Verbrühungsgefahr. Gleichzeitig wurden neue Warmwassersysteme wie Solarwärmesysteme und von Wasserpumpen gesteuerte Boiler entwickelt, wobei die normale Betriebstemperatur oft niedriger als früher üblich lag.
- Im Wasser, das bei einer mittleren Temperatur stagniert, wird im allgemeinen eine erhöhte Anzahl von Keimen gefunden, die bei 37 °C (Körpertemperatur) wachsen können;
- Man wußte schon, daß es in einigen Arten von Klimaanlagen und Befeuchtern Bakterienwachstum gab, wobei auch Geruchsprobleme entstehen können. Man hat seine Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die Bekämpfung der Geruchsprobleme gerichtet, und zwar dadurch, daß man bakterizide Mittel hinzugefügt hat. Es gibt auch Beispiele, bei denen versucht wurde, das Problem durch Hinzufügen von Stoffen mit einer geruchsmaskierenden Wirkung zu bekämpfen.

Aus diesen Entwicklungen muß festgestellt werden, daß Bakterienwachstum in Luftbefeuchtern, Klimaanlagen und Warmwassersystemen bereits ein allgemein bekanntes Problem war, daß aber der hygienischen Bedeutung der Verteilung vorhandener Mikroorganismen (und Antigene) noch nicht viel Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Ferner muß erwähnt werden, daß das Problem des Bakterienwachstums oft falsch angefaßt wurde, da man nicht die primäre Ursache beseitigt, sondern nur die Folgen bekämpfen wollte.

Das - bis vor kurzem - Fehlen von richtigen Beweisen der gesundheitlichen Effekte wird wahrscheinlich ein Grund gewesen sein, daß die vorliegende Problematik nicht weiter aus den betroffenen Disziplinen wie Technik, Heilkunde, und Mikrobiologie betrachtet wurde. Es kann gesagt werden, daß die Legionella-Problematik in dieser Hinsicht für einen wichtigen Durchbruch gesorgt hat. Es ist somit sehr wichtig, die Problematik der Legionellosen aus einer breiten Perspektive zu sehen. Bei der Lösung der Legionellenproblematik gilt es, gleichzeitig die anderen oben genannten, allgemein unerwünschten mikrobiologischen Effekte mit anzufassen.

In den Niederlanden ist die Legionella-Problematik aktuell und von allgemeinem Interesse geworden, nachdem es verschiedene Fälle von Legionella-Infektionen in Krankenhäusern gegeben hat. Bei den Recherchen nach möglichen Quellen der Infektion konnte in diesen Fällen eine Infektion über Klimaanlagen ausgeschlossen werden. 1982 wurden von Meenhorst [1] aus dem Warmwassersystem des entsprechenden Krankenhauses Legionella-Keime isoliert, womit die Infektionsquelle festgestellt worden war. Damit war es ein Problem der Trinkwasserhygiene geworden. Diese Feststellungen gaben dem Hauptinspektor der Volksgesundheit für Umweltschutz Anlaß, neben der direkten Untersuchung, die bereits von einigen wissenschaftlichen Instituten durchgeführt wurde, weitere Untersuchungen durchzuführen auf:

- a) das Vorhandensein von Legionella-Keimen in verschiedenen Wassersystemen.
- b) Möglichkeiten zur Prävention von Infektionen über Warmwassersysteme.

Gleichzeitig wurde die Verwaltung von "Wasserleitungsbetrieben" (VEWIN) über die entsprechende Problematik informiert, und sie wurde gebeten - bei der Empfehlung bezüglich Temperaturreduzierung von Warmwassersystemen - gleichzeitig die Probleme eines unerwünschten Wuchses von Mikroorganismen zu berücksichtigen. In der Zeit konnte bereits gesagt werden, daß eine Temperatur von 60 °C ausreicht, um das Legionella-Problem zu vermeiden. Die Verwaltung der Wasserleitungsbetriebe reagierte hierauf sofort mit der Zusammenstellung einer Arbeitsgruppe für weitere Untersuchungen und Aufklärungsaktionen. Unter anderem wurde ein Informationsblatt "Energie und Wasser" an Haushalte verteilt. Mit der Zunahme der Kenntnisse über das Wachsen von Legionellen entwickelte sich die Empfehlung in die Richtung einer bevorzugten, nicht zu unterschreitenden Temperatur von 60 °C. Zunächst wurde davon ausgegangen, daß Empfehlungen - aufgrund der schwerwiegenden Erkrankungen -

für das Realisieren der präventiven Maßnahme ausreichen würden. Es stellte sich bei bestimmten Institutionen, darunter Krankenhäuser, heraus, daß sich Fragen über die Notwendigkeit dieser Maßnahmen und bezüglich des Umfangs ergaben, in dem dieser Empfehlung nachgekommen werden sollte. Eine wichtige Rolle bei diesen Fragen spielte eine frühere Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation, präventive Maßnahmen in Situationen, in denen Legionella-Pneumonien festgestellt worden waren, einzuschränken.

Diese unterschiedliche Einschätzung bezüglich der Art und Weise wie die Problematik anzufassen sei, war 1984 für den Staatssekretär des Gesundheitsministeriums sowie den Wohnungsbau- und Umweltschutzminister Anlaß, den nationalen Gesundheitsrat, um eine Empfehlung bezüglich Maßnahmen zur Vermeidung von Legionella-Infektionen zu bitten. Dieser Rat ist ein wissenschaftliches Beratungsgremium für den Staat im Bereich der Volksgesundheit. Der Gesundheitsrat hat seine Empfehlung kürzlich ausgesprochen, wobei gleichzeitig der Umfang der vorliegenden Problematik in den Niederlanden geschildert worden ist [2]. Viele der nachstehend besprochenen Informationen und Einzelheiten kommen aus dem entsprechenden Bericht.

2. Epidemiologie

Die Anzahl der Patienten mit Legionella-Pneumonie in den Niederlanden ist in Tabelle 1 aufgeführt. Ein Nachweis von Legionellosen basiert hierbei auf einer Anzüchtung aus Patientenmaterial oder auf serologischen Ergebnissen.

Wenn wir die Anzahl der Legionella-Fälle mit den in Krankenhäusern für Pneumonie behandelten Patienten (Tab. 2) vergleichen, zeigt sich, daß die erkannten Fälle von Legionella-Pneumonien ca. 1% der Zahl der in den Krankenhäusern für Pneumonie-Patienten, bei denen ein anderer Erreger nicht festgestellt werden konnte, ausmacht. Dieser Prozentsatz ist niedriger als in anderen für europäische Länder genannten Publikationen. Die tatsächliche Anzahl der Fälle von Legionellose-Pneumonie wird vermutlich höher sein als die Zahl, die uns zur Zeit bekannt ist. Gleichzeitig muß berücksichtigt werden, daß nur ein Teil der Pneumoniepatienten in Krankenhäusern aufgenommen wird (Tab. 3).

Der Gesundheitsrat stellt fest, daß die tatsächliche Anzahl von Legionellosen in den Niederlanden nicht bekannt ist. Die genannten Zahlen müssen somit auch als Minimum gesehen werden.

3. Infektionsquellen

3.1 Herkunft der Patienten

Die größte Zahl der festgestellten Infektionsfälle wird in Krankenhäusern (Tab. 4) und in Zusammenhang mit Reisen festgestellt.

3.2 Infektionsquellen

Tabelle 5 gibt eine Übersicht der untersuchten Wasserarten. Abgesehen vom warmen Zapfwasser wurden von den anderen Wässern nur willkürlich Proben entnommen, die bei entsprechend großer Anzahl als repräsentativ betrachtet werden. Die Wässer mit einer relativ hohen Temperatur wie warmes Zapfwasser, Kühlwasser und 'Whirlpools' sind am häufigsten positiv. Unter den Kaltwasserstellen befanden sich auch Zapfstellen in großen Gebäuden. Es ist möglich, daß hier große Leitungsteile aufgeheizt werden, so daß sich Wachstum von Legionellen ergibt. Gleichzeitig kann Kreuzkontamination aufgetreten sein, falls Kaltwasserproben von Mischbatterien genommen wurden, wobei das warme Wasser Legionellen enthielt. Dieses könnte der Grund für eine Anzahl positiver Ergebnisse sein. Auch muß bemerkt werden, daß in dem Wasser aus dem Verteilungsnetz keine Legionellen nachgewiesen werden konnten, außer einigen Einzelfällen, bei denen sehr große Volumina als positiv gefunden wurden. Aus Kühltürmen und Luftbefeuchtern wurden relativ mehr andere Legionellen (als *Legionella pneumophila*) isoliert als aus warmem Zapfwasser.

Bei den untersuchten Schwimmbädern handelt es sich hauptsächlich um Schwimmbäder in Saunaanlagen, bei denen gleichzeitig 'Whirlpools' vorhanden waren. Eines der zwei positiven Schwimmbäder war höchstwahrscheinlich infiziert durch einen danebengelegenen, stark kontaminierten 'Whirlpool'. Tabelle 6 zeigt, daß in einer gewissen Anzahl von Fällen mehr als 1000 *Legionella*-Keime pro Liter festgestellt werden konnten. Bei allen positiven 'Whirlpools' und Schwimmbädern war die Chlorung des Badewassers unzureichend (freier Chlorgehalt $< 0,3 \text{ mg/l}$). Es gibt eine deutliche Verbindung zwischen dem Gehalt an aktivem Chlor und dem Vorhandensein von Legionellen und anderen Keimen (Tab. 7); oberhalb des gesetzlich vorgeschriebenen Gehaltes von minimal 0,5 mg/l freiem Chlor waren keine Legionellen nachweisbar.

3.3 Vorbeugung in Warmwasserzapfsystemen

Eine Übersicht, wie der Kontamination von Warmwasserzapfsystemen mit Legionellen begegnet werden kann, finden Sie in Tabelle 8. Um diese Tabelle richtig beurteilen zu können, muß folgendes erwähnt werden:

- Ein Gebäude wird "positiv" genannt, falls einmal oder mehrmals Legionellen aus einer oder mehreren Zapfstellen des Warmwassersystems isoliert wurden.
- Die Anzahl isolierter Legionellen wurde dabei nicht berücksichtigt, eine einzelne positive Isolation stellte das System oder das Gebäude in die positive Gruppe.
- Die Zahl der Legionellen variierte stark.
- Der relativ hohe Prozentsatz positiver Krankenhäuser kann darin begründet sein, daß dort im allgemeinen intensivere Untersuchungen auf Legionellen durchgeführt werden (mehrere Muster pro Gebäude). In ca. 30% dieser Krankenhäuser ergaben sich gewiß oder nach aller Wahrscheinlichkeit Fälle von

Krankenhausinfektionen mit *L.pneumophila*. Für die anderen in dieser Tabelle aufgeführten Gebäude sind bis auf einen Fall, einen Häuserblock in Amsterdam, keine Fälle von Legionellainfektionen bekannt.

- Die Untersuchungen von Wohnhäusern bezieht sich auf große Gebäude mit zentraler Erwärmung.

Ein wichtiger Punkt ist, daß die Vorbeugung vor Legionellainfektionen nicht auf Systeme beschränkt ist, die mit aus Oberflächenwasser aufbereitetem Trinkwasser gespeist werden. Auch aus Systemen, bei denen die Einspeisung aus gut geschützten Grundwasserquellen erfolgt, werden Legionellakeime isoliert. Offensichtlich ist nicht der Trinkwasserbrunnen ausschlaggebend. Legionellen kommen derart weit verteilt in der Umwelt vor, daß Kontaminationen über andere Wege immer möglich sind. Es sind dann die technischen Umstände, die primär die Anwesenheit von Legionellen in großen Konzentrationen bestimmen. Hieraus muß festgestellt werden, daß die Aufmerksamkeit sich generell auf Vermeidung von Umständen richten muß, die das Wachsen von Legionellakeimen fördern.

3.4 Verbindung Quellen - Infektion

Die Infektionen, die in den Niederlanden bei Menschen festgestellt worden sind, sind in fast allen Fällen, in denen der Ursache nachgegangen werden konnte, von Warmwassersystemen verursacht worden. Ein Fall ergibt sich wahrscheinlich aus einem 'Whirlpool' und ein weiterer aus einem mechanischen (Spinning-Disc) Luftbefeuchter. Es muß darauf hingewiesen werden, daß bei einer Vielzahl der Fälle die Infektionsquelle nicht angegeben werden konnte. Wichtig wird hierbei sein, daß die epidemiologischen Untersuchungen am intensivsten sind, wenn von gruppengebundenen Infektionen gesprochen wird und die individuellen, einzelnen Fälle bei einer Untersuchung weniger die Richtung auf die Quelle anzeigen. Es ist demnach möglich, daß auch andere Quellen als Warmwasserinstallationen eine Ursache der festgestellten Infektionen sein konnten. Der Gesundheitsrat stellt demnach fest, daß es praktisch unmöglich ist, auf der Basis der noch immer sehr geringen Einzelheiten quantitative Aussagen über Art und Umfang der verschiedenen potentiellen Quellen zu machen.

4. Risikoabschätzungen

a. Duschen

Über den Umfang, wie man sich Legionellabakterien aussetzt und diese aufnehmen kann, kann unter nachstehend aufgeführten Annahmen eine Schätzung gemacht werden:

Ausgehend von einer Legionella-Konzentration von 10^6 pro Liter, einer Sprühmenge von 10 Liter pro Minute, einer vernebelten Fraktion von 1%, einem

Duschraum von 10 m^3 und davon ausgehend, daß die pro Minute produzierte Aerosolkonzentration vorhanden bleibt, kommen wir auf eine Legionella-Konzentration in der Luft von $10^4/\text{m}^3$. Bei einem Atemvolumen von 10 Liter Luft pro Minute kann dies in einer Aufnahme von 100 Legionellakeimen pro Minute resultieren. Bei Praxismessungen durch Dennis u.a. [5] wurde bei einer Legionella-Konzentration von 10^3 pro Liter im Wasser eine Legionella-Konzentration von einem Keim pro 3 m^3 gefunden. Bei in der Praxis nachgewiesenen Konzentrationen von 10^6 Legionellen pro Liter Wasser ist es dementsprechend möglich, daß ausreichend Keime eingeatmet werden, die zu einer Infektion führen können. Gleichzeitig ist deutlich, daß eine Reduzierung der Keimanzahl zu einem wesentlich niedrigeren Infektionsrisiko führt.

b. Kühltürme/Rückkühlwerke

Durch den Gesundheitsrat wurde auf der Basis von Einzelheiten über Drift und Verdünnungsfaktoren ebenfalls eine Schätzung von möglichen Risiken durch große Kühltürme (Energiezentralen) gemacht. Für diese Situationen wird das Infektionsrisiko aufgrund der großen Entfernung als nicht groß angesehen. Es werden wohl Risiken berechnet, wenn der Auslaß von kleineren Kühltürmen/Rückkühlwerken in kurzer Entfernung zu dem Einlaß von Klimainstallationen steht. In der Praxis hat sich dementsprechend herausgestellt, daß dies eine wichtige Infektionsquelle sein kann.

5. In den Niederlanden empfohlene Maßnahmen

Aufgrund der vorstehenden und sonstigen Erwägungen gibt der Gesundheitsrat folgende Empfehlungen:

1. Es ist erforderlich, daß auf allen Abteilungen in Krankenhäusern, wo sich Patienten aufhalten, ausreichende Maßnahmen zur Vorbeugung vor Infektionen mit Legionellen durch den Warmwasserzapfhahn getroffen werden. Das Warmwassersystem muß demnach sorgfältig eingestellt werden, damit eine Wassertemperatur von $60 \text{ }^\circ\text{C}$ oder höher am oder in der Nähe des Zapfpunktes erreicht wird.

2. Aufgrund der Erfahrungen im Ausland ist es nach Urteil der Kommission in Erwägung zu ziehen, auch in Verpflegungshäusern, Altenheimen, Hotels und in anderen großen Anlagen die Wassertemperatur auf $60 \text{ }^\circ\text{C}$ oder höher am Zapfpunkt einzustellen.

Auf jeden Fall werden der Entwurf und die Installation von neuen Anlagen für Warmwasseraufbereitungen in entsprechenden Institutionen in der Form sein müssen, daß die Wassertemperatur auf $60 \text{ }^\circ\text{C}$ eingestellt werden kann.

3. Die Einstellung der Wassertemperatur auf $60 \text{ }^\circ\text{C}$ oder höher bringt einen Risikofaktor für den Benutzer mit sich. Verbrühungsunfälle können sich insbesondere bei Kindern, Senioren, psychiatrischen Patienten und körperlich oder

geistig Behinderten ergeben.

Neben der Aufklärung für den Benutzer empfiehlt die Kommission insbesondere für diese Risikogruppen die Installation von Thermostatmischhähnen mit einer Temperaturbegrenzung.

4. Es steht unzureichend fest, welche Materialien, die für Wasserleitungssysteme verwendet werden, das Wachstum von Legionellen und anderen Bakterien fördern. Nach Meinung der Kommission müssen die bestehenden Prüfmethoden für diese Materialien sowie die Bedingungen, denen diese Materialien entsprechen müssen, weiterentwickelt oder überarbeitet bzw. neu festgelegt werden.

5. Soweit bekannt, haben sich in den Niederlanden keine Fälle von Legionella-Pneumonie infolge von infizierten raumluftechnischen Anlagen (Luftbehandlungsinstallationen) ergeben. Aufgrund der Erfahrungen in England und den Vereinigten Staaten sowie aufgrund von Legionella-Isolationen aus Luftbefeuchtern in den Niederlanden empfiehlt die Kommission trotzdem, Maßnahmen zur Vorbeugung vor Legionellen-Wachstum zu treffen.

In der Entwurfsphase und beim Bau von "Kühltürmen" und Verdampfungskondensatoren muß die Gefahr der Verteilung von verunreinigten Aerosolen berücksichtigt werden. Beim Unterhalt ist das periodische Reinigen der (Kühl)-Wassersysteme erforderlich. Auch bei Befeuchtern von raumluftechnischen Anlagen, die mit wiederaufbereitetem Wasser arbeiten, ist eine periodische Wartung und Reinigung erforderlich. Dampfbefeuchtung erscheint die sicherste Methode der Luftbefeuchtung. Wartungspersonal muß ausreichend gegen das Einatmen von infizierten Aerosolen geschützt sein.

6. Das Beckenwasser in "Whirl-Pools" muß nach Aussage der Kommission einen Gehalt von minimal 0,5 mg frei verfügbarem Chlor/l enthalten. Für die übrigen potentiellen Infektionsquellen wie Oberflächenwasser, Abwasser und Wildwasserbahnen gibt es nach Aussage der Kommission in den Niederlanden unzureichend Gründe, präventive Maßnahmen zu treffen.

7. Schließlich empfiehlt die Kommission, eine gesetzliche Meldepflicht für Legionella-Pneumonien einzuführen und die Krankheit in die Kategorie B der Infektionskrankheiten aufzunehmen. Die Meldepflicht macht es möglich, die epidemischen Formen dieser Krankheit in einem frühen Stadium zu erkennen, damit die erforderlichen Maßnahmen getroffen werden können, um einer Zunahme von Fällen entgegenzuarbeiten. Die Meldepflicht wird gleichzeitig dazu führen, eine bessere Einsicht in die Anzahl der Fälle von Legionella-Pneumonien in den Niederlanden zu bekommen.

Zu diesen Empfehlungen muß folgendes angemerkt werden:

1. Installationen in den Wohnungen:

Der Gesundheitsrat hat keine spezifischen Empfehlungen für Wohnungen gegeben. Obwohl die Chance einer Infektion über diese Systeme gering scheint, kann jedoch unter bestimmten Umständen - wie z.B. längere Abwesenheit aufgrund

von Urlaub und ähnlichem - im Prinzip auch in diesen Systemen Wachstum von Legionellen auftreten. Es spricht demnach u.E. einiges dafür, auch für diese Kategorie eine Temperaturempfehlung auszusprechen, damit potentielle Risiken vermieden werden. Da über das Vorhandensein von Legionellen in Wohnungsinstallationen zur Zeit noch wenig Informationen vorhanden sind, stößt eine deutliche, dringliche Temperaturempfehlung für diese Kategorie in den Niederlanden, speziell aus epidemiologischer Richtung, auf Kritik. Es werden zur Zeit weitere Untersuchungsergebnisse abgewartet, bevor ein weiterer Standpunkt für diese Kategorie bestimmt werden kann.

2. Bei Medizinern hat man sehr viel Angst wegen der negativen Folgen einer Temperaturerhöhung. Bei der Temperaturempfehlung ist es ratsam, gleichzeitig auf die Gefahr von Verbrühungen hinzuweisen, damit unnötige höhere Temperatureinstellungen vermieden werden. Der Entwicklung zuverlässiger und nicht zu teurer thermostatisch regulierbarer Hähne müßte durch die Industrie mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Im übrigen habe ich aber den Eindruck, daß in den meisten niederländischen Wohnungen das Warmwassersystem bereits auf 60 °C oder höher eingestellt ist.

3. Spezielle Aufmerksamkeit fordern einige - kürzlich entwickelte - Warmwassersysteme, bei denen die Temperatur nicht auf 60 °C gebracht werden kann. Solche Probleme können sich z.B. bei Sonnenboilern und Einspeisung über Wärmepumpen zeigen. Es gibt Fälle, bei denen das Wasser in einem sekundären Gefäß auf höhere Temperatur gebracht werden kann. Diese Systeme können dadurch, daß das Wasser aus dem primären Gefäß bei hohem Wasserverbrauch direkt in das Leitungsnetz kommen kann, potentiell gefährlich sein. Kürzlich hat sich über diesen Weg in den Niederlanden ein Infektionsfall ergeben.

6. Strategie

Es zeichnet sich ab, daß die Empfehlungen des Gesundheitsrates in den Niederlanden durch die Behörde übernommen werden. Die Dringlichkeit der Empfehlung zur Ergreifung von Maßnahmen wird hierbei von Risikoklasse zu Risikoklasse unterschiedlich sein können. Ausgangspunkt ist jedoch, daß die derzeitigen Risikofaktoren auf längere Sicht durch geeignete technische Maßnahmen eliminiert werden. Bei neuen Installationen gilt, daß diese in der Form entworfen werden müssen, daß die vorgenannten besprochenen Probleme praktisch auszuschließen sind. Hierzu finden z.Z. Überlegungen mit den Branchenorganisationen statt. Das wichtigste hierbei ist, daß Lösungen der Probleme in erster Instanz an die betroffenen Betriebe und Industrien weitergegeben werden müssen. Deshalb ist es sehr wichtig, daß gerade der technische Bereich gut informiert wird.

In der ersten Phase der Legionella-Problematik lag die Initiative hauptsächlich bei Bakteriologen und Epidemiologen. Jetzt werden weitere Initiativen, und zwar hauptsächlich von technischer Seite, kommen müssen.

Literatur

1. Meenhorst, P.L., Cronenburg, B.J. van, Furth, R. van: Die Bedeutung von Leitungswasser infiziert mit Legionella pneumophila für die Entstehung von Legionella-Pneumonie als Krankenhausinfektion. Niederländische Zeitschrift Geneesk. 127 (1983), 327 - 332
2. Gesundheitsrat: Präventionen von Legionellose. Empfehlung vom 25. Juni 1986
3. Meenhorst, P.L.: Sporadic Legionellosis. Neth. L. Med. jg 28 (1985), 499 - 501
4. Havelaar, A.H.: Die Qualität des Badewassers in Saunaanlagen. Bericht-Nr. 148116002 des Reichsinstituts für Volksgesundheit und Umwelthygiene, Bilt-hoven, 1984
5. Dennis, P.J.L., Wright, A.E., Ruther, D.A.: Legionella pneumophila in aerosols from showerbaths. J. Hyg. Camb. 93 (1984), 349 - 353

Tab. 1: Legionella-Pneumonien in den Niederlanden [Meenhorst, 1985]

Zeitraum	Patientenzahl	Kultur positiv
1972 - 1981	63	12
1982 - 1983	72	45
1984	90*	42

* Einschließlich 32 Fällen von Legionella-Pneumonie unter niederländischen Urlaubern (Pineda de Mar, Spanien)

Tab. 2: Todesfälle, mittlere Pflegedauer und Altersverteilung bei Patienten mit Pneumonie und Influenza in niederländischen Krankenhäusern

Code	Diagnose	Patiens- tenzahl	Mann	Frau	0-14 Jahre	65 Jahre	gestor- ben
481	Pneumokokken Pneumonie	659	412	248	177	213	53
482	Übrige bak- terielle Pneumonie	517	297	220	239	132	54
485	Broncho- Pneumonie, Erreger nicht spezifiziert	3491	2102	1389	1773	1156	319
486	Pneumonie, Erreger nicht spezifiziert	4228	2701	1527	1217	1765	481
	Übrige	848	473	374	354	136	22
Insgesamt		9743	5984	3759	3760	930	

Quelle: SMR

Tab. 3: Todesfälle an Pneumonien (Code 480 - 486) im Jahr 1981 in den Niederlanden

Alter	Todesfälle pro 100.000 Männer	Pro Altersklasse Frauen
0	14	34
1 - 14	1,1	0,9
5 - 29	0,7	1,0
30 - 39	0,4	0,5
40 - 49	1,5	1,8
50 - 59	6,3	3,0
60 - 69	28,9	13,8
70 - 74	61,6	26,6
75	420,3	344,1
Männer		
Absolute Zahl	1.257	1.527
Insgesamt pro 100.000 Personen der Bevölkerung	19	20

Quelle: CBS

Tab. 4: Orte der Legionella-Infektion für niederländische Patienten

	Anzahl der Fälle in %
Krankenhaus	40 %
Auslandsreisen	35 %
Keine nachweisbare Verbindung	25 %

Quelle: Gesundheitsrat

Tab. 5: Untersuchung zum Vorkommen von Legionellen in diversen Systemen

System	Anzahl der Systeme		
	Insges. untersucht	Anzahl positiv	% positiv
Warmwasser, gezapft	175	73	42
Kaltwasser gezapft	82	6	7
Kühlturmwasser	30	15	50
Luftbefeuhter	31	6	19
Whirlpools	52	12	23
Schwimmbäder	51	2	4
Oberflächenwasser	1	0	0

Erläuterung: siehe Text

Quelle: Gesundheitsrat

Tab. 6: Legionella pneumophila ($^{10}\log/100$ ml) in Badeanlagen

L.pneumophila (10 log/100 ml)	Whirlpool	Schwimmbad
Nicht nachgewiesen	39	47
1,50	5	1
1,50 - 1,99	1	1
2,00 - 2,49	2	-
2,50	2	-

Quelle: Havelaar u.a. [4]

Tab. 7: Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der mikrobiologischen Untersuchung und dem Gehalt an freiem Chlor

A. Whirlpools

Freies Chlor (mg/l)	Proben- zahl	Anzahl der positiven Proben (in Prozenten)					
		coli	pseu	sta	kol 37	leg	am 40
0.00-0.49	31	19(61)	24(77)	24(77)	26(84)	10(32)	12(39)
0.50-2.49	4	0(0)	1(25)	2(50)	0(0)	0(0)	1(25)
2.50	14	0(0)	1(7)	1(7)	0(0)	0(0)	1(7)
Insgesamt	49	19(39)	26(53)	27(55)	26(53)	10(20)	14(29)

B. Schwimmbäder

Freies Chlor (mg/l)	Proben- zahl	Anzahl der positiven Proben (in Prozenten)					
		coli	pseu	sta	kol 37	leg	am 40
0.00-0.49	20	10(50)	12(60)	14(70)	11(55)	2(10)	5(25)
0.50-2.49	13	1(8)	0(0)	2(15)	1(8)	0(0)	3(23)
2.50	16	1(6)	0(0)	3(19)	1(6)	0(0)	0(0)
Insgesamt	49	12(24)	12(24)	19(39)	13(27)	2(4)	8(16)

- coli : Bakterien der Coligruppe
 pseu : *Pseudomonas aeruginosa* pro 100 ml
 sta : *Staphylococcus aureus*
 kol 37 : Koloniezahl bei 37 °C > 100 pro ml
 leg : *Legionella spec.* pro 500 ml
 am 37 : Amöben bei 37 °C pro 100 ml

Quelle: Havelaar, A.H. [4]

Tab. 8: Untersuchung zum Vorkommen von Legionellen in Warmwasserzapfsystemen

Art des Gebäudes	G e b ä u d e z a h l		
	insges. untersucht	positive Zahl	% positiv
Krankenhaus	72	45	63
Altersheime	79	16	20
Büro-/Betriebsgebäude	57	17	30
Hotel	2	0	-
Sportgebäude	1	0	-
Wohnhäuser	10	9	90

Quelle: Gesundheitsrat

Vorkommen von *Legionella pneumophila* in Trinkwässern und in Warmsprudelbeckenwässern

K. Seidel

Einleitung

Erst seit Anfang der 80-er Jahre stehen praktikable Kultur- und Differenzierungsverfahren für den Nachweis von Legionellen im Wasser zur Verfügung. Legionellen sind gramnegative Bakterien und die Erreger der 1976 in den USA erstmals epidemisch aufgetretenen "Legionärskrankheit" [1, 2, 3] bzw. des PON-TIAC-Fiebers [1, 4].

Da bald auch Berichte über Legionella-Infektionen im Zusammenhang mit Trinkwasser erschienen [5, 6, 7] und die verbesserten Möglichkeiten der klinischen Diagnostik auch in der Bundesrepublik Deutschland ein Auftreten dieser Infektionen andeuteten [8, 9, 10] begannen wir im Sommer 1983, in Zusammenarbeit u.a. mit dem Fachgebiet Bakteriologie des Robert-Koch-Institutes des BGA (Ltr.: Prof. Dr. med. F. Fehrenbach) in Berlin Untersuchungen auf das Vorkommen von Legionella pneumophila.

Dies beschränkte sich vorerst auf kalte und erwärmte Trinkwässer in Berlin, wurde später jedoch auch auf andere Bundesländer sowie verschiedene Rohwässer zur Trinkwassergewinnung ausgedehnt.

Weiterhin wurden in Berlin orientierende Untersuchungen an gewerblich betriebenen Warmsprudelbecken (WSB) sowie an einem WSB mit geänderter Aufbereitungstechnik durchgeführt, da auch für diese Systeme Infektionsübertragungen beschrieben wurden [1].

Material und Methoden

- Trinkwasserproben (kalt und warm) wurden nach 1-5 minütigem Ablauenlassen des Wassers sowie anschließendem Abflammen des Zapfhahnes unter sterilen Bedingungen in Glasflaschen entnommen.

- Roh- und Reinwasserproben wurden in sterile 10 l Plastikflaschen (NALGE-N) abgefüllt.
- Proben aus Warmsprudelbecken wurden unter sterilen Kautelen aus den Becken, sowie z.T. vom Filterablauf und aus dem Reinwasser entnommen.

Fast alle Proben wurden am Entnahmetag weiter verarbeitet. Es erfolgte Filtration über Polycarbonatmembranfilter (Porenweite 0,45 oder 0,2 µm), anschließend wurde das Filter mit früher 2-3, später 1 ml Probe in einem luftdicht verschließbaren Plastikröhren 10 Sekunden mit Ultraschall behandelt. Ein Teil der Probe wurde danach mit einem 0,2 mol KCl/HCl Puffer, pH 2,2 [11] 1:1 versetzt und nach 5 Minuten auf Agar ausgespaltet, der 2. Teil wurde ohne Vorbehandlung ebenfalls in Volumina von 0,1 bis 0,3 ml pro Petri-Schale ausgespaltet.

Als Agar wurde BCYE-alpha-Agar nach EDELSTEIN [12] mit bis zu 0,3 % Zusatz von Glycin [13] sowie 5 mg Vancomycin, 10 mg Polymixin B und 80 mg Cycloheximid/l verwendet.

Die Bebrütung erfolgte aerob bei 35 ± 1°C mit täglicher Ablesung bis zu 8 Tagen.

Typische Kolonien wurden auf dem gleichen Agar ohne Cystein subkultiviert und bei Nichtwachstum mittels Direkter Immunfluoreszenztechnik unter Verwendung poly- und monovalenter FITC-markierter Sera (FRESENIUS AG, Oberursel sowie BIOS GmbH, München) auf die Serogruppen 1-6 von Legionella pneumophila (L.p.) untersucht.

Die Untersuchungsvolumina betrugen pro Probe überwiegend 1.000 ml, 100 ml und 0,1 ml (letzteres stets direkt ausgespaltet), im Roh- und Reinwasser zur Trinkwassergewinnung zwischen etwa 2 bis maximal 11,5 Liter (je nach Filterbarkeit der Wässer).

Ergebnisse und Diskussion

a) Trinkwasserversorgung

Als wichtigstes Untersuchungsergebnis kann bezeichnet werden, daß auch bei uns relativ häufig mit dem Vorkommen von L.pneumophila, vor allem im zentral erwärmten Trinkwasser gerechnet werden muß (s. Tab. 1).

Bei Rohwässern konnte ein Nachweis von L.p. nur in 2 aus insgesamt 363, bei Reinwässern in 9 aus 305 Proben erbracht werden, wobei sich die positiven Proben auf Nachweise in 8 und 10 Litern (Rohwasser) bzw. 3,4 bis 10 Liter (Reinwasser) beziehen; pro Petri-Schale wurden maximal 12 Kolonien von L.p. gezählt [14].

Die Untersuchungen von Roh- und Reinwässern umfaßten Werke mit Grundwassergewinnung, Uferfiltraten sowie Oberflächenwasseraufbereitung. Aus den Untersuchungen kann jedoch auf grund sehr unterschiedlicher Probenzahlen vor-

erst nur geschlossen werden, daß mit dem Vorkommen von sehr geringen Legionellen-Konzentrationen im Roh- und Reinwasser zu rechnen sein wird. Es kann noch nicht abschließend beurteilt werden, welche Einflußfaktoren das Vorkommen von L.p. wie auch den anderen Legionella-Arten in diesen Wässern bestimmen.

Im kalten Trinkwasser läßt sich L.p. auch bei uns nachweisen, wenn auch nicht in allen 13 untersuchten Gebäuden. Die maximale Nachweisrate betrug in 1 Gebäude 31%, in der Mehrzahl der Fälle jedoch 0% [14]. Die Nachweishäufigkeit wird vom Untersuchungsvolumen beeinflußt; in den 1 Liter-Proben wurde L.p. am häufigsten bestimmt, sehr selten dagegen in 0,1 ml Probe.

Im zentral erwärmten Trinkwasser ist L.p. dagegen sehr häufig bereits in 0,1 ml nachweisbar. Bezogen auf die 15 hier untersuchten Gebäudekomplexe ergeben sich zwar auch minimale Nachweisraten von 0% in 5 Gebäuden, jedoch in den anderen Gebäuden Werte bis über 70 und 80 % [14].

Die Nachweise im Trinkwasser bzw. Warmwasser bestätigen in der Tendenz sowohl ausländische [1, 6, 7, 15] als auch z.T. andere deutsche Untersuchungen [16].

Bei der Bewertung der Befunde ist zu beachten, daß Legionellen ein gesundheitsrelevantes Problem für den Menschen erst bei Vorliegen bestimmter Bedingungen darstellen, wozu aus infektologischer Sicht sowohl Virulenz und Menge der jeweiligen Keime, sowie auch die Disposition des Menschen (Risikofaktoren) zu zählen sind. Aus technischer Sicht und hier im Trinkwasserbereich müssen dazu wohl in erster Linie alle Faktoren genannt werden, die eine Vermehrung von Legionellen begünstigen können. Es gibt Hinweise darauf, daß dazu Stagnation [17], ein noch nicht abschließend definierbarer Temperaturbereich von 25 bis etwa 50/55°C [18, 19, 20, 21] wie auch z.B. Dichtungsmaterialien [22, 23] und biologische Faktoren [24, 25] gerechnet werden müssen.

Neben der bereits genannten Literatur aus Deutschland und den USA gibt es aus Frankreich 2 neuere Berichte über Erkrankungen, die durch das Wasserversorgungssystem verursacht wurden [26, 27]. Es muß bemerkt werden, daß derartige Fälle, aufgrund methodischer und epidemiologischer Schwierigkeiten mit Sicherheit nur selten beschrieben und dann auch erst Jahre später veröffentlicht werden; die zitierten Erkrankungen ereigneten sich in Frankreich bereits von 1977 - 1980 bzw. 1981.

b) Warmsprudelbeckenwässer

Die Untersuchungen zeigen, daß mit dem Auftreten von L. pneumophila in Warmsprudelbecken auch bei uns zu rechnen ist. Der Grad der Nachweishäufigkeit ist in den untersuchten WSB unterschiedlich.

Aus den parallel dazu untersuchten Werten für freies und gebundenes Chlor im Beckenwasser geht hervor, daß Nachweise von L.p. auch auftreten, wenn der Chlorgehalt den von der DIN V 19 644 [28] vorgegebenen Werten entsprach.

10 Nachweise gelangen noch bei freien Chlorkonzentrationen von 0,7 mg/l und mehr; der maximale Nachweis war bei 1,4 mg/l möglich.

Damit können niederländische Untersuchungen, die bereits oberhalb 0,3 mg/l freies Chlor ein Warmsprudelbeckenwasser als frei von Legionellen ansehen [29] so nicht bestätigt werden. Wir befinden uns jedoch in Übereinstimmung mit Althaus (1986), der in 1 whirlpool L.p. in 0,5 ml Wasser noch bei einem freien Chlorgehalt von 1,2 mg/l nachwies [30].

In Warmsprudelbeckenwasser können Legionellen wegen der konstanten Betriebstemperatur von ca. 35°C günstige Vermehrungstemperaturen vorfinden. Der durch den Badebetrieb bedingte Eintrag von organischem Material kann dabei offenbar weiter begünstigend wirken, wie wahrscheinlich auch die damit verbundene massive Besiedlung vor allem der Filter [30], ggf. auch mit Mikroorganismen wie Protozoen [25]. Die mögliche intrazelluläre Vermehrung von L.p. in solchen Protozoen führt neben einer Erhöhung der Legionellenkonzentration unter Umständen auch zu einer erhöhten Stabilität der Legionellen gegen das Desinfektionsmittel.

Besonders wichtig ist auch, daß Störungen bei der Aufbereitung von Warmsprudelbeckenwasser minimiert werden müssen. Bereits kurfristige Störungen führen offenbar rasch zur Verkeimung derartiger Wässer [31].

Die Anforderungen an Aufbereitung, Betrieb und Reinigung von WSB [28] müssen auf jeden Fall eingehalten werden, im Bezug auf die Desinfektion kann zur Zeit jedoch nur eine Abweichung von der genannten Vornorm empfohlen werden. Da unsere Untersuchungen in Übereinstimmung mit anderen deutschen Befunden [30] und im Gegensatz zu holländischen Ergebnissen [29] auch oberhalb 0,5 - 0,6 mg/l freies Chlor L.p.-positive Befunde ergaben, wird zur Zeit ein Betrieb mit etwa 0,7 - 1 mg/l freies Chlor für erforderlich gehalten.

Diese erhöhte Desinfektionsmittelkonzentration ist aus Vorsorgegründen im Moment erforderlich, bedeutet aber nicht, daß erhöhte Konzentrationen an freiem Chlor das Problem auf Dauer lösen können. Im Hinblick auf die in praxi leider noch weit verbreiteten Aufbereitungs- und Wartungsmängel gerade bei WSB [31, 32] muß dies wohl vorübergehend gefordert werden, auch wenn die Desinfektionsmittelkonzentration aus hygienischen Gründen eigentlich so gering wie möglich gehalten werden soll. Weitere Arbeiten zur Optimierung von Aufbereitung und Betrieb von Warmsprudelbeckenwässern sind baldmöglichst erforderlich, nicht zuletzt da 2 Berichte von Legionellenübertragung durch WSB bereits vorliegen [33].

Schlußbemerkungen

Eine Routineuntersuchung sowohl von Warmwassersystemen als auch Warmsprudelbecken auf das Vorkommen von Legionellen ist aus methodischen Gründen zur Zeit nicht möglich, erscheint jedoch auch nicht erforderlich. Unum-

gänglich ist es jedoch, weitere Untersuchungen zur Ökologie der Legionellen durchzuführen und die genannten Systeme, sowie andere, in denen optimale Bedingungen für eine Vermehrung von Legionellen vorliegen können, bereits jetzt auf bekannte hygienetechnische Risiken zu überprüfen. Die Begünstigung einer massiven Legionellen-Vermehrung muß innerhalb der Gebäudeinstallationen ebenso vermieden werden, wie durch störungsanfällige und nicht adäquate Wasser-aufbereitung/Wartung von Warmsprudelbecken, da alle Legionellen als fakultativ humanpathogen anzusehen sind [34].

Literatur

1. Thornsberry, C., Balows, A., Feeley, J.C. and Jakubowsky, W. (eds.): *Legionella*. Proc. 2nd Int. Symposium. Amer. Soc. Microbiol., Washington, D.C., 1984.
2. Fraser, D.W., Tsai, T.F., Orenstein, W. et al.: Legionnaires' disease: description of an epidemic. *N. Engl. J. Med.* 297 (1977), 1189 - 1197
3. Mc Dade, J.E., Sheperd, C.C., Fraser, D.W. et al.: Legionnaires' disease: isolation of a bacterium and demonstration of its role in other respiratory disease. *N. Engl. J. Med.* 297 (1977), 1197-1203
4. Kaufmann, A.E., Mc Dade ,J.E., Patton, C.M. et al.: Pontiac fever: Isolation of the etiologic agent (*Legionella pneumophila*) and demonstration of its mode of transmission. *Amer. J. Epidemiol.* 114 (1981), 337 - 347
5. Dufour, A.P. and Jakubowski, W.: Drinking Water and Legionnaires' Disease. *J. Amer. Water Works Ass.* 74 (1982), 631 - 637
6. Wadowsky, R.M., Lee, R.B., Mezmar, L. et al.: Hot Water Systems as Sources of Legionella pneumophila in Hospital and Non-Hospital Plumbing Fixtures. *Appl. Environ. Microbiol.* 43 (1982), 1104 - 1110
7. Meenhorst, P.I., Reingold, A.L., Gorman, G.W. et al.: Legionella Pneumonia in Guinea Pigs Exposed to Aerosols of Concentrated Potable Water from a Hospital with Nosocomial Legionnaires' Disease. *J. Inf. Dis.* 147 (1983), 129 - 132
8. Lode, H., Schäfer, H. und Ruckdeschel, G.: Legionärskrankheit. Prospektive Studie zur Häufigkeit, Klinik und Prognose. *Dtsch. Med. Wschr.* 107 (1982), 326 - 330

9. Horbach, I. und F.J. Fehrenbach: Legionärskrankheit bei einer Inlandreisegruppe. *Bundesgesundhbl.* 26 (1983), 51 - 52
10. Sethi, K.K. and Brandis, H.: Direct Demonstration and Isolation of Legionella pneumophila (Serogroup 1) from Bathroom Water Specimens in a Hotel. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 177 (1983), 402 - 405
11. Bopp, C.A., Sumner, J.W., Morris, G.K. et al.: Isolation of Legionella ssp. from environmental water samples by low pH-treatment and use of selective medium. *J. Clin. Microbiol.* 13 (1981), 714 - 719
12. Edelstein, P.: Improved Semiselective Medium for Isolation of Legionella pneumophila from Contaminated Clinical and Environmental Specimens. *J. Clin. Microbiol.* 14 (1981), 298 - 303
13. Wadowsky, R.M. and Yee, R.B.: Glycine-Containing Selective Medium for Isolation of Legionellaceae from Environmental Specimens. *Appl. Environ. Microbiol.* 42 (1981), 768 - 772
14. Seidel, K., Börnert, W., Bätz, G. et al.: Vorkommen von Legionella pneumophila in Grundwasser sowie in kalten und warmen Trinkwässern. *VOM WASSER* 67 (1986), 39 - 48
15. Fliermans, C.B.: Autecology of Legionella pneumophila. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A* 255 (1983), 58 - 63
16. Althaus, H., Bewig, F. und Jung, K.D.: Untersuchungen zum Vorkommen von Legionellen im Trinkwasser- und Warmwasserbereich. Bericht für den DVGW. Hygiene-Institut des Ruhrgebietes, Gelsenkirchen, Dezember 1985
17. Ciesielski, C.A., Blaser, M.J. and Wang, W-L.L.: Role of Stagnation and Obstruction of Water Flow in Isolation of Legionella pneumophila from Hospital Plumbing. *Appl. Environ. Microbiol.* 48 (1984), 984 - 987
18. Yee, R.B. and Wadowsky, R.M.: Multiplication of Legionella pneumophila in Unsterilized Tap Water. *Appl. Environ. Microbiol.* 43 (1982), 1330 - 1334
19. Plouffe, J.F., Webster, R.L. and Hackman, B.: Relationship Between Colonization of Hospital Buildings with Legionella pneumophila and Hot Water Temperatures. *Appl. Environ. Microbiol.* 46 (1983), 769 - 770

20. Erickson, T., Calderon, R. and Dufour, A.: The effect of temperature on the growth of Legionella. Abstracts 85th Ann. Meetg. Amer. Soc. Microbiol. (1985), S. 274
21. Wadowsky, R.M., Wolford, 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
22. Colbourne, J.S., Pratt, D.J., Smith, M.G. et al.: Water fittings as source of Legionella pneumophila in hospital plumbing systems. Lancet Vol.I (1984), 210 - 213
23. Niedeveld, C.J., Pet, F.M. and Meenhorst, P.L.: Effect of rubbers and their constituents on proliferation of Legionella pneumophila in naturally contaminated hot water. Lancet, July 26 (1986), 180 - 184
24. Wadowsky, R.M. and Yee, R.B.: Effect of Non-Legionellaceae Bacteria on the Multiplication of Legionella pneumophila in Potable Water. Appl. Environ. Microbiol. 49 (1985), 1206- 1210
25. Henke, M. and Seidel, K.: Associations between Legionella pneumophila and amoebae in waters. Isr. J. Med. Sci. 22 (1986), 690 - 695
26. Shands, K.N., Ho, J.L., Meyer, R.D. et al.: Potable Water as a Source of Legionnaires' Disease. J. Amer. Med. Assoc. 253 (1985), 1412 - 1416
27. Neill, M.A., Gorman, G.W., Gibert, C., et al.: Nosocomial Legioniosis, Paris, France. Amer. J. Med. 78 (1985), 581- 588
28. DIN V 19 644: Aufbereitung und Desinfektion von Wasser für Warmsprudelbecken. Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V., Berlin, Mai 1986
29. Groothuis, D.G., Havelaar, A.H. and Veenendaal, H.R.: A note on legionellas in whirlpools. J. Appl. Bacteriol. 58 (1985), 479 - 482
30. Althaus, H.: Legionellen im Schwimmbadbereich. Arch. Badewes. 38 (1986), 242 - 245
31. Bartel, H., Grohmann, A. und Seidel, K.: Die Wasseraufbereitung von Warmsprudelbecken aus hygienischer Sicht. Bundesgesundhbl. 29 (1986) 404 - 413

32. Seeber, E.: Untersuchungen zur Badewasserqualität in gewerblichen Einrichtungen. *Arch. Badewes.* 36 (1984), 240 - 245
33. Spitalny, K.C., Vogt, R.I. and Whiterell, I.E.: National survey on outbreaks associated with whirlpool spas. *Amer. J. Publ. Health* 74 (1984), 725 - 726
34. 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

Tabelle 1: Nachweis von *L. pneumophila* in Roh- und Reinwässern der Trinkwasserversorgung, in Trinkwasser, zentral erwärmtem Wasser und Warmsprudelbeckenwasser

WASSER	<i>L. pneumophila</i> (Serogr. 1-6) (Proben / positive Proben)	BEMERKG.
Rohwässer	363 / 2	2-11,5 l*
Reinwässer	305 / 9	2-10,4 l*
Trinkwasser	320 / 24	0,001-1 l*
Warmwasser	1.097 / 534	0,001-1 l*
<hr/>		
Warmsprudelbecken		
1	3 / 0	0,5 - 0,6**
2	18 / 1	0,0 - 1,4**
3	7 / 0	0,3 - 2,0**
4	7 / 1	0,1 **
5	100 / 9	0,2 - 1,4**

* minimales und maximales positives Untersuchungsvolumen

** minimale und maximale Konzentration an freiem Chlor bei der Nachweise gelangen (Becken 2, 4 und 5) bzw. Konzentrationen während der Untersuchungen (Becken 1 und 4).

Stand der Technik und neue Entwicklungen bei Warmwasserbereitern

H.-J. Kohnke

Zusammenfassung

Legionellen sind Erreger, die sich vorzugsweise im Wasser bei einer Temperatur von 30 - 45°C vermehren.

Eine Infektion bei Duschanlagen, aber auch an anderen Entnahmestellen, ist im Rahmen des Möglichen. Es werden die einzelnen Systeme der Wassererwärmer erklärt und die beiden grundsätzlichen Installationsarten der zentralen und dezentralen Wassererwärmung erklärt.

Darüber hinaus werden Wege aufgezeigt, wie die Vermehrung von Legionellen in den kritischen Anwendungsbereichen verhindern werden können.

Hierzu gehören dezentrale Wassererwärmer, wie eine neu vorgestellte Doppelschlauchbrause. Es wird der Vorschlag zur Untersuchung von entsprechenden Versuchsanlagen in mit Legionellen besiedeltem Wasser gemacht.

Legionellen ein Modewort oder Verursacher neuer Epidemien? Die heutige Tagung soll etwas mehr Licht in das Dunkel um diese Krankheitserreger bringen.

Meine Aufgabe ist hier aber nicht, über das Auftreten oder mögliche Auftreten von Legionellen zu berichten. Ich habe vielmehr die Aufgabe, Wege aufzuzeigen, die das Auftreten und Vermehren von Legionellen bei der Warmwassererwärmung ausschließen oder zumindest sehr stark, insbesondere im Duschbereich, einschränken könnten.

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß sich Legionellen bei Aufbewahrung des Wassers zwischen etwa 30 - 45°C sehr schnell vermehren und ausbreiten können. Es gilt also, diesen Temperaturbereich einzuschränken oder gar zu vermeiden.

Welche Möglichkeiten gibt es überhaupt für die Warmwasserbereitung, und welche Entwicklungen und Ausführungen könnten die Verbreitung der Erreger der Legionärskrankheit verhindern?

Lassen Sie mich zuerst einmal kurz über die verschiedenen Systeme bei der Warmwasserbereitung berichten.

Hier wäre zuerst der Boiler zu nennen. Es handelt sich dabei um einen nicht wärmegedämmten Wassererwärmer mit einem entsprechenden Wasservorrat. Dieser kann 15 Liter aber auch 100 Liter betragen. Das erwärmte Wasser sollte nach der Erwärmung auch sofort verbraucht werden, da es sonst wieder kurzfristig abkühlen würde.

Einen Wassererwärmer mit einem entsprechenden Wasservorrat von 15 bis 1000 oder sogar 2000 Liter - aber entsprechend wärmegedämmt - bezeichnet man als Speicher. Die heutigen Speicher sind meistens so gut wärmegedämmt, daß das z.B. auf 85°C erwärmte Wasser über viele Stunden die erreichte Wassertemperatur hält. Bei einem Abfall der Temperatur um mehr als ca. 5°C schaltet ein Regler die Heizung ein und erwärmt das Wasser wieder auf die eingestellte Temperatur von z.B. 85°C.

Als ein weiteres System der Wassererwärmung wäre ein Durchlauferhitzer, auch Durchflußerhitzer genannt, zu erwähnen. Bei diesem Wassererwärmer mit kleinstem Wasservolumen wird das zu erwärmende Wasser im Durchfluß erwärmt, d.h. es wird nur immer die Wassermenge erwärmt, die auch wirklich gebraucht und sofort entnommen wird.

Die Erwärmung kann direkt oder indirekt erfolgen. Direkt, indem das Wasser durch die Wärmequelle direkt erwärmt wird. Indirekt, indem das Wasser durch eine Rohrschlange fließt, die in einem Wasserbehälter installiert ist, dessen Wasserinhalt auf eine Temperatur von z.B. 85°C aufgeheizt ist.

Während die indirekten Durchflußerwärmer sehr oft in Verbindung mit Fern- oder Zentralheizungen zu sehen sind, wird das Wasser in direkt beheizten Durchflußerwärmern mehr durch elektrische Heizstäbe oder Gasbrenner erwärmt.

Eine Kombination von Speichern und Durchlauferhitzern stellt der Durchlaufspeicher dar. Hier befindet sich in einem gut wärmegedämmten Wasserspeicher eine Heizquelle mit einer sehr großen Heizleistung. Besonders günstig ist auch hier eine elektrische Heizspirale zu sehen, da die erforderliche Heizleistung auf kleinstem Raum innerhalb des Wasserspeichers untergebracht werden muß. Vorteil dieses Systems ist die ausreichende Wasserdarbietung auch über längere Zeiten, auch für größere Mengen wie Körperdusche oder mehrfaches Duschen.

Alle die hier beschriebenen Systeme sind im Prinzip unabhängig von der gewählten Energieart, d.h. sie können mit den Energieträgern Strom, Gas, Öl, Fernwärme oder Kohle betrieben werden. Kohle wird in den meisten Fällen heute für die Warmwasserbereitung ausfallen. Öl ist sicher nur bei zentralen Anlagen einsetzbar. Fernwärme ist nur in wenigen Fällen vorhanden. Es bleiben also die beiden Energieträger Strom und Gas als besonders interessante Ener-

gieträger übrig, wobei auch hier das Vorhandensein von Gas eine Voraussetzung ist, während Strom überall vorhanden sein dürfte.

Eine weitere Unterscheidung muß man zwischen zentralen und dezentralen Wasserversorgungsanlagen sehen. Bei der zentralen Warmwasserbereitung im Haushalt aber auch im gewerblichen Bereich - ich schließe hier auch Krankenhäuser, Kindergärten und Altersheime mit ein - ist der Warmwasserbereiter zentral installiert. Das Wasser in diesem zentral im Keller installierten Wärmeerzeuger kann auch hier durch die Energieträger Strom - Öl - Gas - Kohle oder Fernwärme auf Temperaturen von z.B. 85°C aufgeheizt werden, natürlich ist auch eine Aufheizung auf niedrigere Temperaturen z.B. 45°C möglich.

Die Temperatur von 45°C löst nicht das Problem der Vermehrung von Legionellen. Das Wasser wird beim Öffnen einer Zapfstelle - z.B. der Duscharmatur - vom Wärmeerzeuger durch die Rohrleitungen zu den einzelnen Zapfstellen geleitet.

Sprechen wir hier von der kritischsten Zapfstelle, der Dusche oder dem Duschkopf. Hier wird das Wasser über den Duschkopf sehr feinstrahlig entnommen und bildet dabei noch in der Duschkabine eine "Dampfatmosphäre", die von dem Benutzer der Dusche eingeaatmet wird und offenbar eine Infektion hervorrufen kann.

Nach Beendigung des Duschvorganges bleibt das verbleibende Wasser in der Armatur, im Duschschlauch und im Duschkopf, kühl dabei bis auf Raumtemperatur ab und durchläuft dabei den besonders kritischen Temperaturbereich von etwa 40 - 35°C.

Geht man weiter davon aus, daß bis zur Duscharmatur die Temperatur des Wassers sogar 60 - 85°C betragen haben kann, hier aber nach der Entnahme des warmen Duschwassers auf Umgebungstemperatur abkühlt, so ist die zeitliche Phase der kritischen Temperatur in diesen Rohren noch länger. Dazu kommt, daß auch die Rohre des verzweigten Rohrnetzes durch Ablagerungen einen besonders guten Nährboden für Legionellen bieten können.

Eine Zirkulationsleitung, d.h. eine Wasserleitung, die durch eine eingebaute Pumpe einen ständigen Warmwasserumlauf gewährleistet, ist kaum eine Hilfe bei der Vermeidung der Vermehrung von Legionellen, da das Zirkulationswasser Temperaturen von 40 - 50°C haben kann. Außerdem sind Zirkulationsleitungen sogenannte zentrale Rundleitungen, von denen die einzelnen Stichleitungen zu den Zapfstellen abgehen, in denen dann das Wasser nach der Wasserentnahme wieder abkühlt.

In jedem Grenzbereich zwischen hochtemperiertem Wasser und Wasser in Stichleitungen oder hinter Armaturen gibt es immer Grenztemperaturbereiche, die die kritische Temperatur von etwa 35 - 50°C beinhalten. D.h. es gibt immer ideale Verhältnisse, bei denen eine Legionellenvermehrung möglich ist. Dieses wird umso kritischer, je weniger das Wasser in diesen Bereichen entnommen wird oder anders ausgedrückt, je länger die Ruhezeiten sind.

Wir müssen also feststellen, daß die Zirkulationsleitungen bei zentralen Warmwasserversorgungsanlagen nicht geeignet sind, die Vermehrung von Legionellen zu verhindern oder auszuschließen. Wird die Zirkulationsleitung direkt an den einzelnen Armaturen vorbeigeführt, würden die sogenannten Stichleitungen entfallen. Die Verhältnisse für den nachfolgenden Armaturen- und Brausebereich sind gleich den dezentralen Anlagen zu sehen. Eine wesentliche Ausnahme muß dabei jedoch erwähnt werden; jede Zirkulation verbraucht durch die Wärmeverluste viel Energie. Alte Anlagen mit schlechter Wärmedämmung der Zirkulationsleitung, sogar sehr viel Energie.

Eine andere Möglichkeit wurde in diesem Zusammenhang bereits früher, insbesondere in den Niederlanden diskutiert, nämlich die Aufheizung und die automatische Durchspülung der Wasserleitungen mit einmal pro Tag im Wasserwärmer auf 85°C aufgeheiztem Wasser. Dieses ist auch keine voll befriedigende Lösung, weil auch hier die Stichleitungen nicht erfaßt werden, weil auch hier Armaturen, Brauseschläuche und Duschköpfe nicht erfaßt werden, weil auch hier Grenztemperaturbereiche immer vorhanden sind. Dazu kommt, daß es praktisch ausgeschlossen ist, die Rohrleitungen von Zeit zu Zeit von den Ablagerungen zu reinigen, weil sie unzugänglich sind und chemische Reinigungsmittel auszuschließen sind.

Bei allen zentralen Anlagen ist insbesondere das gesamte Wasserrohrnetz als kritisch anzusehen. Dieses wird noch dadurch unterstrichen, daß insbesondere in vielen Altanlagen die Wärmedämmung der Rohrleitungen unzureichend ist.

Sehr oft sind Kalt- und Warmwasserleitungen direkt nebeneinander verlegt und manchmal sogar mit der Warmleitung in einer Wärmedämmungskleidung. Hier wird das Wasser der Kaltwasserleitung mit großer Wahrscheinlichkeit auf kritische Temperaturen von bis zu 35°C erwärmt. Wir müssen also feststellen, daß nicht unbedingt der eigentliche Wärmeerzeuger als kritisch anzusehen ist, sondern daß die Rohrleitungen viel kritischer sein können.

Zur Vermeidung von Legionellen in Warmwasserversorgungsanlagen, insbesondere wenn Duschen angeschlossen sind, müssen andere Wege und Möglichkeiten gefunden werden.

Um die vorher erwähnten Schwierigkeiten zu vermeiden, sollte man Überlegungen über einen Systemwechsel anstellen, von der zentralen Warmwasserversorgung zu einer dezentralen Warmwasserversorgung. Eine dezentrale Warmwasserbereitung bedeutet, daß der Wassererwärmer direkt vor jeder Zapfstelle installiert ist. Hier wird das Wasser in dem Wassererwärmer auf z.B. 85°C aufgeheizt. Die Wärmedämmung derartiger Geräte ist so gut, daß die Wärmeverluste gegenüber den Verlusten in langen Rohrleitungen viel kleiner sind. Außerdem unterliegen diese dezentralen Anlagen nicht dem Energieeinsparungsgesetz, welches bei bestimmten Leitungslängen maximale Temperaturen von 60°C in den Rohrleitungen vorschreibt.

Die Verbindung dieses Wassererwärmers mit der Armatur erfolgt durch glatte ca. 300 mm lange Rohre. Erst in der Armatur wird das auf 85°C erwärm-

te Wasser auf die Gebrauchstemperatur von 38 - 40°C gemischt. Von der Armatur ist der Weg zum Duschkopf sehr kurz, nämlich nur durch den Schlauch von etwa 1,20 m Länge zur Brause.

Diese Art der Wassererwärmung - auf 85°C - und die kurzen Rohrleitungen zur Armatur schließen schon sehr viele Möglichkeiten einer Legionellenvermehrung aus. Es muß aber festgehalten werden, daß es noch einen kritischen Bereich gibt, nämlich den Brauseschlauch und den Brausekopf. Aber auch hier gibt es Ansätze, um die Legionellenvermehrung zu verhindern.

Wenn man in der Lage ist, den Brauseschlauch in 2 Schläuche aufzuteilen. Durch den einen Schlauch fließt nur kaltes Wasser, durch den zweiten Schlauch fließt nur Wasser mit einer Temperatur von 85°C, welches erst im Brausekopf, d.h. vor dem Brausesieb mit kaltem Wasser gemischt wird, dann hat man die Bildung und Vermehrung von Legionellen bis zum Brausesieb verhindert. Eventuell sich in der Abkühlungsphase vermehrende Legionellen würden bei jeder Zapfung durch das 85-grädige Wasser immer wieder zuverlässig abgetötet.

Die Mischung im Brauseschlauch läßt sich mit 2-Griff-Armaturen schnell realisieren, aber auch mit modernen Einhebelmisichern. Diese müssen etwas abgeändert werden, um eine Mischung im Brausekopf bei zwei Zuführungsschläuchen zu erreichen. Hierbei durchläuft die Temperatur im Warmwasserschlauch nach der Wasserabsperrung zwar im Stillstand auch den kritischen Temperaturbereich, aber bereits bei der nächsten Zapfung fließt in diesem Schlauch wieder Wasser mit einer Temperatur von 85°C. Diesen zeitlichen Verlauf der Temperaturabkühlungsphase könnte man durch Verringerung des Wasservolumens noch wesentlich abkürzen.

Da die Verkürzung z.B. durch automatische Entleerung des Schlauches nach Beendigung der Wasserentnahme m.E. allerdings keinen weiteren Vorteil für die Sicherheit vor Legionellen bringt, weil diese ja beim nachfolgenden Zapfvorgang wieder abgetötet werden, ist dieser zusätzliche Aufwand nicht erforderlich. Übrigens gibt es bereits derartige automatische Entleerungsventile.

Die hier erwähnte Zwei-Schlauchbrause kann natürlich bei allen Systemen eingesetzt werden, also bei dezentralen Systemen genauso wie bei zentralen Systemen und bei allen Energieträgern.

Es muß hier festgestellt werden, daß dezentral installierte Wassererwärmer grundsätzlich günstiger sind als zentral installierte Wassererwärmer, weil insbesondere der kritische Bereich der Wasserleitungen entfällt. Daneben sind in der Regel dezentral installierte Wärmeerzeuger in den Energiekosten günstiger als zentrale Anlagen.

Ich habe versucht, konstruktive Möglichkeiten aufzuzeigen, um die Ausbreitung von Legionellen, insbesondere im Duschbereich zu verhindern. Sollten sich die augenblicklichen Erkenntnisse über die Legionärs-Krankheit weiter bestätigen, dann müssen Überlegungen in der hier vorgebrachten Richtung weiter vertieft werden.

Es muß abschließend gesagt werden, daß der Einsatz von dezentralen Wasserwärmern für den Duschbereich in Verbindung mit der Doppelschlauch-Brause vielleicht den Weg mit dem geringsten Aufwand darstellt, der auch bei Altanlagen ohne große Schwierigkeiten und großen Aufwand realisiert werden kann.

Auch bei jeder vorhandenen Zentralwarmwasseranlage kann ein separater Wasserwärmer mit der Doppelschlauch-Brause installiert werden. Für alle unkritischen Zapfstellen kann die bisherige oder die bisher geplante Warmwasserversorgung - zentral oder dezentral - mit Strom, Öl, Gas, Fernwärme oder Kohle bestehen bleiben. Der notwendige zusätzliche Aufwand wäre sicher bei der vorgesehenen Lösung sehr gering und könnte einfach und schnell realisiert werden.

Sind Legionellen kein Modewort, sondern bedeuten sie eine mögliche Erkrankungsursache mit z.T. epidemischem Ausmaß, dann sind wir mit dem hier gemachten Vorschlag vorbereitet, dieses Problem zu lösen. Es ist dann auch keine Frage von Kosten, sondern kann nur unter dem Gesichtspunkt Gesundheitsvorsorge gesehen werden.

Anmerkungen zu den Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen von Legionellen

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

Einleitung

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

Beobachtungen in natürlichen wie auch in anthropogenen 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. 5, 9, 11], andere geben 60 bis 70 °C an [z.B. 1, 2, 4], jedoch auch 70 °C und mehr wird als erforderliche Abtötungstemperatur genannt [z.B. 6]. Gelegentlich werden vermehrungsfähige Legionellen in Warmwassersystemen noch bei Temperaturen oberhalb von 70 °C nachgewiesen; in natürlichen heißen Quellen fanden sie Fliermans et al. [7] noch bei 63 °C.

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

Müller [10] zeigte, daß L. pneumophila Serogruppen 1 bis 4 bei einer Erhitzung über 30 Minuten auf 58 °C abgetötet werden.

Hernandez et al. [8] 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 deren 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 Behandlungsdauer 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. [3] 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. [8] 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 Hitzentoleranz besitzen, als künstlich auf Nährmedien angezüchtete Legionellen. Sie müßten sich folglich durch entsprechend höhere Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen auszeichnen.

In Arbeiten von Yee et al. [14] sowie Wadowsky et al. [13] 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 setzt jedoch 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 Methoden

Als Ausgangsmaterial diente eine Dauerkultur, die in Trinkwasser ohne Zusatz von Nährstoffen neben Legionellen eine qualitativ nicht näher definierte bakterielle Begleitflora enthielt. 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 Ausspäten 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 Legionellenhaltige Mischkultur über lange Zeiträume erhalten.

Der Gehalt des zugeführten Trinkwassers lag während des Versuches bei 1,5 mg/l gelöstem organischem 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 Abbildung 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 Abbildung 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. [8] 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. [3] 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 bis 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. 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)
2. 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
3. Dennis, P.J., Green, D., Jones, B.P.C.: A note on the temperature tolerance of Legionella. *J. Appl. Bacteriol.* 56 (1984), 349 - 350
4. Edelstein, P.H.: Environmental aspects of Legionella. *ASM News* 51 (1985), 460 - 467
5. Fisher-Hoch, S.P., Bartlett, C.L.R., Tobin, J. O'H. et al.: Investigation and control of an outbreak of Legionnaires' disease in a district general hospital. *Lancet* 1 (1981), 932 - 936
6. Fisher-Hoch, S.P., Smith, M.G., Colbourne, J.S.: Legionella pneumophila in hospital hot water cylinders. *Lancet* 1 (1982), 1073
7. Fliermans, C.B., Cherry, W.B., Orrison, L.H. et al: Ecological distribution of Legionella pneumophila. *Appl. Environ. Microbiol.* 41 (1981), 9 - 16
8. Hernandez, J.F., Delattre, J.M., Oger, C.: Thermorésistance des Legionella. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)* 134 B (1983), 421 - 427

9. Meenhorst, P.L., Cronenburg, B.J. van; Furth, R. von: De betekenis van leidingswater besmet met Legionella pneumophila voor het ontstaan van Legionella pneumonie als ziekenhuisinfectie. *Ned. Tijdschr. Geneesk.* 127 (1983), 327 - 332
10. Müller, H.E.: Die Thermostabilität von Legionella pneumophila. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B* 172 (1981), 524 - 527
11. 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
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., Wolford, 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

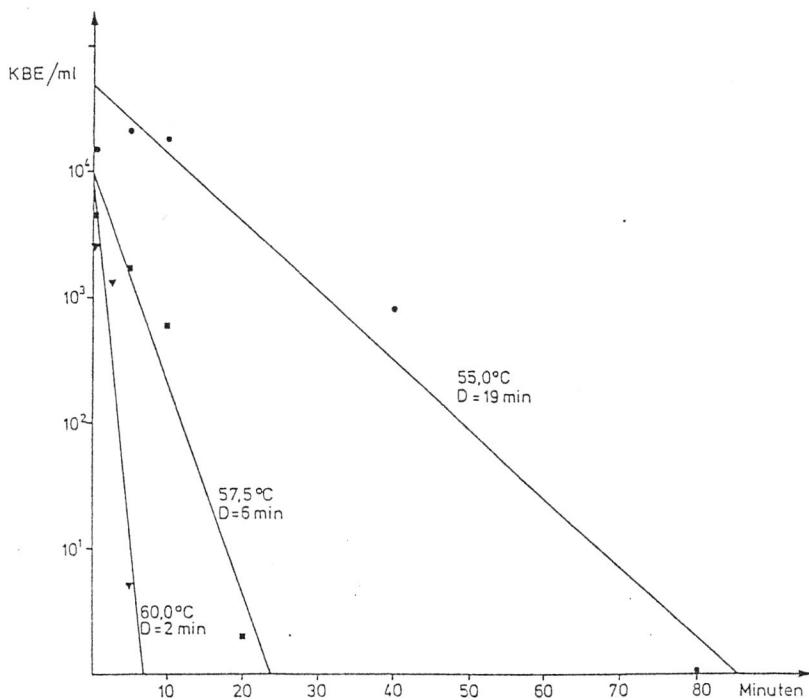


Abb. 1: Absterbegeschwindigkeit in Mischkulturen vermehrter Legionellen-Suspensionen bei unterschiedlichen Temperaturen

Zur Frage der Bekämpfung des Vorkommens von Legionellen in kontaminierten Warmwassersystemen

K. Seidel und A. Grohmann

1. Einleitung

Die Organisation der Wasserversorgung mit streng beachteten hygienischen Grundsätzen hat in Deutschland dazu geführt, daß Übertragungen von Infektionskrankheiten über das Wasser praktisch unbekannt geworden sind. Grundlage hierfür sind die sehr guten Erfahrungen, die mit der Einführung der Langsamsandfiltration von Flußwasser gewonnen wurden. Oberflächenwasser wird fast ausschließlich nicht direkt sondern nur mittelbar nach Bodenpassage als Trinkwasser verwendet. Ziel der verschiedenartigsten Aufbereitungen ist die Herstellung eines keimarmen, nährstoffarmen, klaren Wassers, in dem sich Mikroorganismen generell nicht vermehren können. In Berlin wird beispielsweise auf der Grundlage dieser These das Flußwasser vor der Bodenpassage geflockt und gefiltert, um Nährstoffe weitgehend zu eliminieren. Nach der Grundwasserpassage ist dieses Wasser hygienisch einwandfrei, auch im Hinblick auf Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung, so daß keine Desinfektion angeordnet werden muß. Insgesamt ist also in hygienischer Sicht ein sehr hoher Stand erreicht worden.

Diese Bewertung gilt nur noch mit Einschränkungen nach der Erstbeschreibung von Legionella pneumophila [1, 2, 3, 4, 5] und dem Nachweis eines ursächlichen Zusammenhangs von Legionella-Infektionen beim Menschen und Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser [6, 7, 8]. Über diesen Zusammenhang wird auch neuerdings wieder berichtet [9, 10]. Damit steht die Wasserversorgung vor völlig neuen Problemen, die in das bewährte Schema der Maßnahmen für ein hygienisch einwandfreies Trinkwasser nicht hineinpassen wollen. Darüber hinaus muß sie sich mit einem Bereich des Versorgungssystems befassen (hinter dem Wasserzähler), zu dem sie sich bislang möglichst nicht geäußert hat.

Zum Verständnis der zu ergreifenden Maßnahmen dienen die folgenden Thesen:

- a) Grundsätzlich werden auch im kalten Trinkwasser vereinzelt Legionellen nachzuweisen sein.
- b) Die Vermehrung der Legionellen ist bei Temperaturen von 30 bis 45°C besonders begünstigt.
- c) Legionellen vermehren sich langsam. Es genügt vermutlich eine periodische Desinfektion.

Unter diesen Aspekten und um eigene Erfahrungen über die Wirksamkeit von ggf. erforderlichen Desinfektionsmaßnahmen zu erhalten, wurden an 2 kontaminierten Systemen folgende Verfahren erprobt:

- Temperaturerhöhung für alle Anlagenteile und Rohre.
- Periodische Temperaturerhöhung im Warmwasserbereiter.
- Desinfektion mit Chlor.

Die Verfahren wurden so ausgeführt, wie sie auch im Bedarfsfall in der Praxis anwendbar wären.

2. Material und Methoden

Von Ende 1984 bis Ende 1985 wurden in Berlin an Warmwassersystemen von 2 Gebäuden thermische und chemische Desinfektionen durchgeführt, da diese Gebäude bei routinemäßigen Untersuchungen als stark mit Legionella pneumophila (L.p.) kontaminiert bewertet werden mußten; der Nachweis von L.p. gelang in bis zu 70% der Proben [11].

Aufbau und Normalbetrieb der 1. Warmwasseranlage

Das Warmwassernetz wird von 2 übereinander angeordneten und hintereinander geschalteten Warmwasser-Boilern versorgt; im Warmwasser, welches in das Gebäude gelangt werden Temperaturen von 40 bis 65°C je nach Belastung und Entnahme erreicht. Die Gesamtlänge des Warmwassernetzes im Gebäude beträgt ca. 600 m.

Die Druck-Warmwasserspeicher sind über Fernleitungen heißwasserbeheizt, thermostatisch gesteuert und werden üblicherweise mit einer Entnahmetemperatur von 55-60°C betrieben. Das Speichervolumen ist so ausgelegt, daß die eingestellte Entnahmetemperatur bei Normalbetrieb nicht abfällt.

Durchführung der thermischen Desinfektionen

1. Versuch (einmalige thermische Desinfektion):

Der Regler wurde stufenweise auf 70°C eingestellt; beginnend mit dem Kellergeschoß des Gebäudes wurden systematisch nacheinander alle Zapfstellen im Gebäude geöffnet, wobei nach ca. 3 Minuten die jeweilige Maximaltemperatur erreicht worden war; sie betrug zwischen 65 und 70°C. Alle Zapfstellen wurden nach dieser Spülung wieder geschlossen und das System 48 h belassen. Da-

nach wurde erneut wie oben gespült und nach ca. 68 h Gesamtversuchsdauer die Temperatur des von den Boiler abgehenden Wassers schrittweise auf 55°C reduziert.

2. Versuch (einmalige thermische Desinfektion):

Im Gegensatz zum 1. Versuch wurden hier durch Einbau einer Umgehungsleitung und Umwälzpumpe in die Boiler die sonst unvermeidbaren Temperaturunterschiede innerhalb des Systemes aufgehoben; im Prinzip wurde dann der 1. Versuch wiederholt, wobei an den Zapfstellen Ablauftemperaturen von 63 bis 70°C erreicht wurden.

3. Versuch (periodische thermische Desinfektion des Warmwasserbereiters):

Hierzu wurde nur der Warmwasserbereiter des Gebäudes, in der Schaltung wie beim 2. Versuch, im wöchentlichen Turnus, jeweils von Freitag nachmittag bis Montag früh auf 70°C eingestellt; eine gesonderte Spülung des Netzes erfolgte nicht, diese entstand dann je nach Abnahme an den einzelnen Stellen mit entsprechend niedrigeren Temperaturen, da der Warmwasserbereiter von Montag bis Freitag mittag wieder auf etwa 55°C eingeregelt war.

Aufbau und Normalbetrieb der 2. Warmwasseranlage

Die **chemische Desinfektion** wurde in einem 2-stöckigen Laborgebäude durchgeführt, in dem 2 hintereinandergeschaltete Warmwasserbereiter mit einem Speichervolumen von je 350 l die 19 Zapfstellen des Gebäudes versorgen. Die Verteilung des Warmwassers erfolgt horizontal über 2 Hauptstränge an der Decke des Kellergeschosses. Einzelne vertikale Anschlüsse versorgen das Erdgeschoß. Die Leitungslänge beträgt insgesamt etwa 95 m. Der Druck-Warmwasserspeicher entspricht im Prinzip dem der 1. Anlage.

Durchführung der chemischen Desinfektion

Am Tag vor den Versuchen wurde die Heizung der Warmwasserbereiter abgestellt. Für die Kaltwasserzuführung zu den Warmwasserbereitern wurde eine umschaltbare Umgehungsleitung mit einem Anschluß für zwei Dosierpumpen geschaffen. Dosiert wurde Natriumhypochlorit und Salzsäure zur pH-Regulierung.

Während der chemischen Desinfektion waren alle Warmwasserzapfstellen auf einen Auslauf von etwa 1,6 l/min.(ca. 100 l/h) einreguliert, Chlorgehalte (titrimetrisch mit DPD als Indikator) und pH-Wert (elektrometrisch) wurden während der Versuche regelmäßig bestimmt und ggf. von Hand an den Dosierpumpen nachreguliert.

Der **1. Versuch** dauerte von 7.30 bis 12.00 Uhr. Danach wurden die Dosierpumpen abgeschaltet und alle Zapfstellen zum Durchspülen voll geöffnet. Um 13.00 Uhr wurden die ersten Proben für die bakteriologische Untersuchung an den beiden Speichern, sowie aus 7 weiteren Zapfstellen entnommen. Der Nachweis von L.p. erfolgte wie unten beschrieben.

Der Gehalt an freiem Chlor betrug zwischen 3,5 und 4,5 mg/l am Beginn und von 10.45 bis 12.00 Uhr 7,2 bis 9,2 mg/l.

Der pH-Wert im Zulauf betrug 7,5 bis 7,6. Es wurde während des Versuchs auf pH 7,1 bis 7,2 eingestellt.

Die Wassertemperatur betrug 14 bis 15°C.

Der **2. Versuch** wurde im gleichen zeitlichen Rahmen durchgeführt. Auch alle anderen technischen Randbedingungen waren identisch mit dem 1. Versuch. Die Konzentration an freiem Chlor wurde jedoch auf (geplant) 20 mg/l erhöht.

Gemessen wurde zwischen 7.30 bis etwa 8.30 12,5 bis 16,4 mg/l und danach zwischen 24 und 26 mg/l freies Chlor.

Der pH-Wert im Trinkwasser war 7,8 und nach der Säuredosierung zwischen 6,8 und 6,9.

Bakteriologische Untersuchungen

Die Proben zur bakteriologischen Untersuchung wurden je an den beiden Boilerbehältern, sowie an 7 weiteren Zapfstellen, verteilt über die gesamten Gebäude entnommen und sofort auf L.p. untersucht; die Nachweismethode ist wie bei [11] für Trinkwasser beschrieben, wobei dem Agar 0,3% Glycin zugesetzt waren [12].

3. Ergebnisse

Die bakteriologischen Untersuchungsergebnisse sind in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellt. Es ist ersichtlich, daß der Zulauf zu den Gebäuden keine L.p.-positiven Befunde aufweist, daß es jedoch bereits innerhalb der Speicher (WWK) zu einer Vermehrung von L.p. kommen kann.

Nur einer der drei thermischen Desinfektionsversuche hat eine begrenzte, jedoch nicht durchgehende Reduzierung des Vorkommens von L.p. in Volumina ≤ 100 ml ergeben.

Im 1. Versuch (Versuchstag 05.11.1984) zeigte sich, daß die Untersuchung der 1 l-Proben von Anfang an positiv war. Binnen weniger Wochen mit Normalbetrieb der Warmwasserbereitung waren auch die 100 und 0,1 ml Proben sowohl im Speicher wie auch an den Zapfstellen in den Räumen wieder positiv für L.p. Beim 2. Versuch (Versuchstag 18.02.1985) hat es bereits nach 2 Wochen in allen Proben Nachweise in 100 ml und 0,1 ml gegeben (1 l Proben nicht untersucht).

Der 3. Versuch (periodisch ab 09.07.1985) ergab, daß im Ablauf des zweistufigen Boilers fast ausschließlich nur noch 1 l-Proben positiv waren. Bei den in den verschiedenen Räumen entnommenen Proben ergab sich, daß von 91 0,1 ml-Proben nur noch 11 positiv waren; die Mehrzahl dieser Proben beschränkt sich auf einen Raum. Die 100 ml-Proben waren zwar noch sporadisch positiv, das Ausmaß dieser Kontamination ist jedoch mit dem der beiden vorangegangenen Versuche nicht vergleichbar.

4. Praktische Umsetzung der Maßnahmen

Temperaturerhöhung

Die Möglichkeiten der Temperaturerhöhung im Bereich der Wasserverwendung sind sehr eingeschränkt. Es bedarf schon einer genauen Kenntnis der naturwissenschaftlichen Grundlagen, um Möglichkeiten der Temperaturerhöhung als Maßnahme der Legionellenbekämpfung zu erörtern.

Gemäß der Trinkwasser-Verordnung von 1986 muß Trinkwasser mit einem pH-Wert der Calciumcarbonatsättigung oder höher abgegeben werden. Da Calciumcarbonat im Gegensatz zu anderen Salzen mit steigender Temperatur unlöslicher wird, ist mit Sicherheit jedes erwärmte Trinkwasser bei 50°C übersättigt. Jede weitere Temperaturerhöhung erhöht diese Tendenz, freilich ohne daß in jedem Fall Kalkablagerungen entstehen. Sehr viele Stoffe im Wasser (z.B. Huminstoffe, Polyphosphate) inhibieren die Kristallisation und behindern so die Steinbildung über eine gewisse Zeit. Je höher die Temperatur ist desto kürzer ist die Inhibitorwirkung: Für kurze Zeit kann man jedes Wasser auf etwa 70°C erwärmen. Störende Kalkablagerungen entstehen nur dann, wenn alles Wasser für längere Zeit auf hoher Temperatur gehalten wird oder an Heizflächen mit zu hoher Wandtemperatur. Es ist also von Bedeutung, die Heizdichte eines Warmwasserbereiters zu halten, um eine zu weitgehende Erwärmung an der Heizfläche zu vermeiden.

Diese Zusammenhänge haben über Jahrzehnte hinweg zur Forderung geführt, die Temperatur in Warmwasserbereitern gering zu halten (nicht über 60°C), was schließlich vom Energieeinsparungsgesetz übernommen wurde. Die Beschränkung auf diese Temperatur hat außerdem den Vorteil, daß die Korrosion bei verzinkten Stahlrohren stark gemindert wird. Die Temperaturbegrenzung (60°C) hat so Eingang in das Normenwerk gefunden (DIN 50930, Teil 3) und ist somit Stand der Technik.

Aber selbst wenn es diese Begrenzung nicht gäbe, z.B. bei Ölbrennern mit einer Regelung auf 70°C zur Vermeidung von Kondenswasserbildung im Schornstein, gibt es in einem Versorgungssystem genügend Bereiche, bei denen die Wassertemperatur 45°C nicht übersteigt und damit im ungünstigsten Bereich, das heißt in einem für Legionellenwuchs noch idealen Bereich verbleibt. Daneben gibt es noch Kaltwasserleitungen in Heizkellern und neben Warmwasserrohren, die in den ungünstigen Temperaturbereich aufgewärmt werden.

Die Begrenzung der Temperatur auf 60°C schafft vermutlich zusätzlich Bereiche mit günstigen Bedingungen für die Vermehrung von *L. pneumophila*. Die Aufhebung dieser Begrenzung wird aber das Problem nicht lösen.

Die nachfolgende Berechnung soll veranschaulichen, mit welchen Schichtdicken durch Ablagerungen bei einer periodischen Erwärmung auf 70°C zu rechnen ist. Hierzu wird für ein Wasser im Härtebereich 3 mit einer Kalkabscheidekapazität von 100 g/m³ CaCO₃ gerechnet. Dies führt nach 1000 Füllungen

zu einer Wandschicht von etwa 1 mm. Wird mehrmals täglich Wasser nachgefüllt und auf 70°C erwärmt, so sind bereits nach etwa einem halben Jahr die 1000 Zyklen erreicht. Wird dagegen das Wasser auf 60°C erwärmt und nur periodisch wöchentlich einmal auf höhere Temperaturen aufgeheizt, so sind 1000 Zyklen erst in 20 Jahren erreicht.

Die periodische thermische Desinfektion ist konsequent auf alle Bereiche des Wasserversorgungssystems auszudehnen. In Versuch 3 wurde sie auf den Warmwasserbereiter beschränkt. Es wurde jedoch mit einer Umlaufpumpe der gesamte Bereich des Speichers, also auch der meist kühle untere Bereich erfaßt. In dieser Form ist die periodische thermische Desinfektion leicht durchführbar. Sie erfaßt damit vermutlich die wichtigsten Kontaminationsquellen des Warmwassersystems.

Chlorung

Die Chlordinierung ist ein erprobtes Verfahren zur Desinfektion von Wasser. Im Bereich der Wasserverwendung ist sie versuchsweise zur Legionellenbekämpfung eingesetzt worden. Hierfür wurden geprüfte Geräte für die Phosphatdosierung verwendet. Als Zusatzstoff wurde das nach der Trinkwasser-Aufbereitungsverordnung zugelassene Natriumhypochlorit (Chlorbleichlauge) verwendet. Die Technik ist im Bereich kleinerer Schwimmbecken erprobt und bewährt. Dennoch ist Chlorbleichlauge nicht ungefährlich, weil eine Vermischung mit Säuren zur sofortigen Bildung von Chlorgas führt. Hierdurch bedingte Unfälle sind relativ häufig. Sicherer ist die Verwendung von Geräten, die Chlorgas in der erforderlichen Menge elektrolytisch aus Natriumchlorid erzeugen und unmittelbar in das Wasser dosieren.

Nachteilig bei der Chlorung ist die Unsicherheit in der Praxis über die Wirkung gegenüber Legionellen. Einerseits werden auch in gechlortem Trinkwasser Legionellen nachgewiesen und andererseits ist es nicht sicher, daß Chlor in alle engen Poren der Rohrablagerungen eindringt. Um diesem Nachteil entgegenzuwirken, wird man die Chlorkonzentration stark erhöhen müssen.

Es ist zu beachten, daß von den beiden Formen des "freien Chlors", nämlich Hypochlorit-Ion (ClO^-) und unterchlorige Säure (HClO), nur letztere Membranen durchdringen kann, während das Ion durch seine Ladung hieran gehindert wird. Man muß deswegen bei der Anwendung von Chlor den pH-Wert, der der Dissoziationskonstante der unterchlorigen Säure entspricht, nämlich pH 7,2 unterschreiten. Bei höheren pH-Werten liegt der größere Anteil des freien Chlors als unwirksames Ion vor. Aus diesem Grund ist bei den Versuchen ein pH-Wert von 6,8 bis 7,2 mit Salzsäure eingestellt worden.

Insgesamt erweist sich die Chlorung, auch mit erprobten Geräten, in diesem Bereich als schwierig und risikoreich.

Das große Speichervolumen der Warmwasserbereiter wirkte sich auf eine erforderliche schnelle Nachregulierung des Chlorgehaltes nachteilig aus, weshalb keine exakte Einstellung des Chlorgehaltes auf einen bestimmten Wert möglich war. Es kann gesagt werden, daß die beiden getesteten Chlorkonzentrationen und Desinfektionszeiten nicht in der Lage waren, das Vorkommen von L.p. im Warmwasserbereich dieses Systemes zu vermindern. Nachdem bereits der Ablauf der 2. Boilerstufe ausnahmslos positiv war, waren die Warmwasserproben später bis auf eine Ausnahme (P 4, 0,1 ml am 29.07.85) positiv für L.p.. Bei der 2. Desinfektion konnten auch im Kaltwasserbereich einige L.p. Nachweise erbracht werden (s. Abb. 3)

5. Zusammenfassung

In fünf Langzeitversuchen wurde die thermische und die chemische Behandlung von Warmwasserversorgungssystemen für Legionella pneumophila (L.p.) erprobt.

Die einmalige thermische Behandlung des gesamten Systems mit 600 m Leitungen hatte nur kurzzeitigen Erfolg. Eine periodische Erwärmung des gesamten Warmwasserbereiters mit einer Umlaufpumpe und Erwärmung auf etwa 70°C (von Freitag abend bis Montag morgen) ergaben zumindestens befriedigende Ergebnisse, da nur noch die 1 l Proben regelmäßig positiv für L.p. waren.

Die chemische Desinfektion auch mit bis zu 24 mg/l freies Chlor bei pH 6,8 hatte keinen Erfolg. Es muß daher angezweifelt werden, ob die in der Literatur genannten Bedingungen und Ergebnisse für eine Desinfektion mit Chlor, auch z.T. mit noch höheren Konzentrationen (6,13) generelle Gültigkeit haben.

Die Methode der thermischen Behandlung ist nach entsprechendem Umbau der Speicher leicht durchführbar. Beschwerden wegen der wechselnden Wasser-temperatur seitens der Mitarbeiter oder Unfälle durch Verbrühen hat es nicht gegeben. Möglicherweise wurde mit diesem Verfahren die Hauptkontamination des Warmwasserversorgungssystems ausgeschaltet.

Zur abschließenden Bewertung sind weitere Untersuchungen unter Praxisbedingungen erforderlich; Modellversuche z.B. zur Wirksamkeit von Chlor gegen L.p. haben viel zu niedrige Konzentrationen als offenbar in praxi erforderlich ergeben [14].

Ein vierter Langzeitversuch zur thermischen Desinfektion mittels intermit-tierender Erwärmung der Warmwasserbereiter ist z.Z. in der Auswertung.

Für Unterstützung bei Planung und Durchführung dieser Untersuchungen danken wir allen Mitarbeitern des Institutes für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des BGA, besonders Herrn H.-L. Althoff, Frau G. Bätz und Herrn BauDir. K. Wichmann.

Literatur

1. Tobin, J.O.H., Swann, R.A. and Bartlett, C.I.R.: Isolation of Legionella pneumophila from water systems. Brit. Med. J. 282 (1981), 515 - 517
2. Fliermans, C.B., Cherry, W.B., Orrison, L.H. et al.: Ecological distribution of Legionella pneumophila. Appl. Environ. Microbiol. 41 (1981), 9 - 16
3. Edelstein, P.H.: Comparative study of selective media for isolation of Legionella pneumophila from potable water. J. Clin. Microbiol. 16 (1982), 697 - 699
4. Dennis, J.P., Taylor, J.A., Fitzgeorge, R.B. et al.: Legionella pneumophila in water plumbing systems. Lancet, Vol. I (1982), 949 - 951
5. Wadowsky, R.M., Yee, R.B., Mezmar, L. et al.: Hot Water Systems as Sources of Legionella pneumophila in Hospital and Nonhospital Plumbing Fixtures. Appl. Environ. Microbiol. 43 (1982), 1104 - 1110
6. Dufour, A.P. and Jakubowsky, W.: Drinking water and Legionnaires' Disease. J. Amer. Water Works Ass. (1982), 631 - 637
7. Bartlett, C.L.R.: Potable Water as Reservoir and Means of Transmission. in: Legionella. (Thornsberry, C. et al.[eds.]). Proc. 2nd Int. Symp., Amer. Soc. Microbiol., Washington, D.C. (1984), 210 - 215
8. Sethi, K.K. and Brandis H.: Direct Demonstration and Isolation of Legionella pneumophila (Serogroup 1) from Bathroom Water Specimens in a Hotel. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 177 (1983), 402 - 405
9. Shands, K.N., Ho, J.L., Meyer, M.D. et al.: Potable Water as a Source of Legionnaires' Disease. J. Amer. Med. Ass. 253 (1985), 1412 - 1416
10. Neill, M.A., Gorman, G.W., Gibert, C. et al.: Nosocomial Legionellosis, Paris, France. Amer. J. Med. 78 (1985), 581 - 588

11. Seidel, K., Börnert, W., Bätz, G. et al.: Vorkommen von Legionella pneumophila in Grundwasser sowie kalten und warmen Trinkwässern. Vom Wasser 67 (1986), 39 - 48
12. Yee, R.B. and Wadowsky, R.M.: Multiplication of Legionella pneumophila in Unsterilized Tap Water. Appl. Environ. Microbiol. 43 (1982), 1330 - 1334
13. Thornsberry, C. et al. (eds.): Legionella. Proc. 2nd Int. Symp., Amer. Soc. Microbiol., Washington, D.C. (1984)
14. Skaliy, P.: Laboratory Studies of Disinfectants Against Legionella pneumophila. Appl. Environ. Microbiol. 40 (1980), 697 - 701

1. thermische Desinfektion (einmalig, gesamtes Netz am 05.11.84)

Datum	zweistufiger Boiler 1. Stufe 2. Stufe (jeweils unterer Ablauf)	R 037	R 114	R 149	R 122	R 131	R 201	R 214	
05.11.84	○ △ □								
06.11.84	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	
13.11.84	● △ □	○ △ □	○ △ □	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	○ △ □	● ▲ □	
19.11.84	● ▲ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	
26.11.84	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	
04.12.84	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	
11.12.84	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	
02.01.85	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	
08.01.85	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	
Temperatur von ... bis ... °C	40-46	45-52	49-51	48-52	48-51	44-49	49-52	47-50	47-50

2. thermische Desinfektion (einmalig, gesamtes Netz am 18.02.85)

18.02.85	○ △ □	○ △ □									
19.02.85	○ △ □	● △ □	○ △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □
26.02.85	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □
05.03.85	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	○ ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □
12.03.85	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □
19.03.85	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □
25.03.85	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □
05.06.85	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □	▲ □
Temperatur von ... bis ... °C	35-45	47-49	47-50	44-49	46-49	41-45	44-50	43-48	44-48		

Abb. 1: Thermische Desinfektion eines mit *Legionella pneumophila* kontaminierten Warmwassersystems, durch einmalige Erwärmung des gesamten Systems auf 65 - 70°C.

Nachweis von *Legionella pneumophila* (Serogruppe 1 bis 6)

Reaktionen von Legionella pneumophila (S3-Gruppe)

▲ " △ " 100 ml "

■ " " " 100 ml
□ " " " 0.1 ml "

R 037 usw.: Probenahmestellen, interne Bezeichnung.

3. thermische Desinfektion (nur Warmwasserbereiter, wöchentlich wiederholt)

Datum	Zulauf	zweistufiger Boiler		R 037	R 114	R 149	R 122	R 131	R 201	R 214
		1. Stufe	2. Stufe (jeweils unterer Ablauf)							
09.07.85	○ △ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □
16.07.85	○ △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □
24.07.85	○ △ □	○ △ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	● △ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	● △ □
30.07.85	○ △ □	○ △ □	○ △ □	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	○ △ □	● ▲ □	● △ □
06.08.85	○ △ □	○ △ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	● △ □	○ △ □	● ▲ □	● ▲ □
13.08.85	○ △ □	○ △ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	○ ▲ □
20.08.85	○ △ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □
27.08.85	○ △ □	○ △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	● △ □	○ △ □	● ▲ □	● ▲ □
03.09.85	○ △ □	○ △ □	● △ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	● △ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □
10.09.85	○ △ □	● ▲ □	● △ □	○ △ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	○ △ □	● ▲ □	● △ □
17.09.85	○ △ □	○ △ □	○ △ □	● △ □	○ ▲ □	○ ▲ □	○ ▲ □	○ △ □	○ △ □	○ △ □
08.10.85	○ △ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □
10.12.85	○ △ □	● △ □	● ▲ □	● ▲ □	● ▲ □	● △ □	● ▲ □	○ △ □	● ▲ □	● ▲ □
Temperatur von ... bis °C	13-15	21-50	47-53	46-51	46-50	46-50	42-47	48-51	46-49	46-50

Abb. 2: Thermische Desinfektion eines mit Legionella pneumophila kontaminierten Warmwassersystems, durch periodische Erwärmung des Boilers (jeweils Freitag bis Montag auf 70°C mittels einer Zusatzheizung und Umlaufpumpe).

Nachweis von Legionella pneumophila (Serogruppe 1 bis 6)

- positiv ○ negativ in 1000 ml Wasser
- ▲ " △ " 100 ml "
- " □ " 0,1 ml "

R 037 usw.: Probenahmestellen, interne Bezeichnung.

Chemische Desinfektion (ca. 180 Minuten, 4 - 9 mg/l freies Chlor)

Datum	zweistufiger Boiler		Kaltwasser		Warmwasser				
	1. Stufe (jeweils unterer Ablauf)	2. Stufe	P 1	P 3	P 2	P 4	P 6	P 8	P 12
14.06.85	○	●	○	○	●	●	●	●	
18.06.85	●	●	○	○	●	●	○	●	○
25.06.85	●△□	●▲■	○△□	○△□	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■
02.07.85	●△□	●▲■	○△□	○△□	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■
Temperatur von ... bis °C	14-25	13-33	15-17	15-17	42	42	42-43	42-43	42-43

Chemische Desinfektion (ca. 180 Minuten, 24 - 26 mg/l freies Chlor)

09.07.85	○△□	●▲■	○△□	●△□	●▲□	●△□	●△□	●△□	●△□
17.07.85	○△□	●▲■	○△□	○△□	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■
22.07.85	○△□	●▲■	○△□	●△□	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■	●▲■
29.07.85	○△□	●▲■	○△□	●△□	●▲■	●△□	●▲■	●▲■	●▲■

Temperatur
von ... bis °C 14-19 14-34 17-18 17-18 41-42 41-42 41-42 42 40-42

Abb. 3: Chemische Desinfektion eines mit Legionella pneumophila kontaminierten Warmwassersystems durch Dosierung von Natriumhypochlorit-Lösung und Einstellung des pH-Wertes mit Salzsäure auf pH 6,9 bis 7,2.

Nachweis von Legionella pneumophila (Serogruppe 1 bis 6)

- positiv ○ negativ in 1000 ml Wasser
- ▲ " △ " 100 ml "
- " □ " 0,1 ml "

P1 usw.: Probenahmestellen, interne Bezeichnung.

Raumluftechnische Anlagen – Darstellung aus der Sicht des planenden Ingenieurs

B. Canzler

Zusammenfassung

Raumluftechnische Anlagen können nur dann zur Gefahrenquelle werden, wenn eine fehlerhafte Planung oder Ausführung, unzureichende Wartung und Reinigung oder eine falsche Wasserbehandlung vorliegen. In Befeuchterkammern und Rückkühlwerken können Legionellen dann ideale Lebensbedingungen vorfinden. Schon durch das Einhalten der bestehenden Vorschriften und Richtlinien kann das Risiko jedoch vernachlässigbar gering gehalten werden. Es muß deshalb das Ziel des planenden Ingenieurs sein, durch richtig gewählte Anlagensysteme und -komponenten und einer den normativen, hygienischen und betrieblichen Anforderungen gerecht werdenden Planung, die Voraussetzungen für die Erstellung hygienisch einwandfreier Anlagen und deren Wartung und Reinigung zu schaffen.

1. Problemstellung

Die Tatsache, daß über die Entstehung der sogenannten Legionärskrankheit im Vergleich zu anderen Krankheiten noch wenig bekannt ist, sollte nicht dazu verleiten, ihre Existenz als nicht beachtenswert einzustufen. Andererseits muß vermieden werden, daß Ausmaß und Gefahr dieser Krankheit überbewertet werden und so u.U. in der Öffentlichkeit übermäßige Ängste und Reaktionen entstehen.

Zweifellos war in den spektakulären Fällen des Auftretens der Legionärskrankheit auch ein Zusammenhang mit Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) gegeben. Da jeweils auch die Luftaufbereitungsfunktionen "Kühlen" und "Befeuchten" vorhanden waren, soll dafür nachfolgend vereinfacht der Begriff "Klimaanlagen" gesetzt werden.

Hieraus ergibt sich nun für den Klimaanlagen planenden Ingenieur die Aufgabe, im Zusammenspiel mit allen Planungsbeteiligten, das Infektionsrisiko durch geeignete und vertretbare Mittel auf ein Minimum zu verringern.

Die folgenden Betrachtungen sind weitgehend auf das Beispiel Krankenhaus bezogen, weil dort das Infektionsrisiko wegen der Kranken am größten und ein besonders hohes Maß an Hygiene notwendig ist. Grundsätzlich gültig sind die Ausführungen jedoch auch für alle anderen Bereiche, wie z.B. Verwaltung und Industrie.

2. Allgemeines über Legionellen

Legionellen, die Erreger der Legionärskrankheit, sind stäbchenförmige Bakterien, die einen Durchmesser zwischen 0,2 und 0,7 Mikrometer und eine Länge von etwa 1 - 4 Mikrometer haben. Sie sind in der Natur nachgewiesen worden, und zwar z.B. in Oberflächengewässern, wie Flüsse und Seen.

Ihr Vorhandensein ist daher grundsätzlich nichts Neues oder Außergewöhnliches. Sie gedeihen am besten im Temperaturbereich von ca. 25 - 45°C. Oberhalb von ca. 70°C sind sie gar nicht mehr lebensfähig.

Im haustechnischen Bereich wurden sie bisher nachgewiesen im

- Trinkwasser (besonders im Warm-, aber auch im Kaltwasser)
- Befeuerterwasser
- Kühlkreislaufwasser von Rückkühlwerken (Kühltürmen).

Die Bakterien gelangen mit Aerosolen, also im Feuchtigkeits-/Luftgemisch, in die Atemwege und können - sofern die Keimzahl ausreichend und Virulenz der Keime gegeben ist - zur Infektion führen.

Das Erkrankungsrisiko ist in der Bevölkerung nicht gleichmäßig verteilt. Als besonders gefährdet müssen Personen mit Erkrankungen, wie z.B. schwere, chronische Bronchitis, Tumorerkrankungen, Diabetes, Transplantationsempfänger und Patienten, die immunabschwächend therapiebehandelt werden, angesehen werden.

Es erkranken mehr Männer als Frauen, insbesondere ab etwa dem 50. Lebensjahr.

Zweifellos erhöht sich dadurch besonders im Krankenhausbereich mit dem oft geschwächten Patientenkreis das Risiko.

3. Legionellen in Klimaanlagen

Betrachtet man beispielhaft die bekanntesten Fälle, in denen es bisher zu Epidemien gekommen ist,

- 1976 erkrankten nach einem Treffen von Mitgliedern der "US-American-Legion" in einem Hotel in Philadelphia 182 Personen an der bis dahin noch un-

bekannten Krankheit, 29 Personen starben.

- 1985 starben 28 Personen von über 100 Erkrankten in einem Bezirkskrankenhaus in Stafford (England),

so konnten zwar nachträglich die Krankheitserreger im Befeuchter- bzw. Kühlwasser nachgewiesen werden, abgesehen von dem Fall in Stafford ist aber leider kaum etwas über den Betrieb, den Anlagenzustand, die Güte der Wartung und den Aufbau der jeweils vorhandenen Klimaanlagen bekannt.

Dies gilt auch weitgehend für Untersuchungen, in denen Legionellen im Befeuchter- oder Kühlwasser festgestellt werden konnten.

Eine kürzlich in Deutschland durchgeführte Untersuchung wies in Befeuchterkammern in 1,6% der untersuchten Anlagen in Krankenhäusern (102 Anlagen), Industrie- und Bürobetriebe (156 Anlagen) Legionellen nach. Die infizierten Einheiten sollen wenig gepflegt, d.h. weder entschlämmt, noch das Wasser chemisch oder physikalisch antibakteriell behandelt worden sein.

In diese Untersuchung sind keine Rückkühlwerke für RLT-Anlagen einbezogen worden. Betrachtet man den grundsätzlichen Aufbau einer Klimaanlage, so sind als Risikobereiche die Anlagenteile

- Außenluftansaugung
- Luftbefeuchter
- Rückkühlwerk

anzusehen (Abb. 1).

Im Bereich der Außenluftansaugung ist die Gefahr grundsätzlich von außen, d.h. durch Immissionen gegeben.

Im Befeuchterbereich können Legionellen neben anderen Mikroorganismen im Befeuchterwasser, Kondensat und an feuchten Flächen günstige Voraussetzungen für das Wachstum finden.

Ähnlich, evtl. wegen der höheren Wassertemperatur noch günstiger, sind die Voraussetzungen im Bereich von Rückkühlwerken, wo es durch die Versprühseinrichtung auch zur Abgabe von mit Legionellen behafteten Aerosolen an die Außenluft kommen kann. Diese Aerosole dürfen allerdings nicht mit den typischen Schwaden aus kondensierendem Wasserdampf über Rückkühlwerken und großtechnischen Kühltürmen verwechselt werden.

Das Luftkanalsystem ist, sofern es aerodynamisch gut ausgeführt ist und sich kein Kondensat oder Tauwasser bilden oder sammeln kann (hiervon sollte im Regelfalle ausgegangen werden), kein Risikobereich, so daß sich als wachstumsfördernde Anlagenteile tatsächlich nur die warmen Feuchtbereiche Befeuchter und Rückkühler auszeichnen, sofern die Randbedingungen für ein solches Wachstum erfüllt werden. Dies sind neben der Wassertemperatur von ca. 25 bis 45°C

- stagnierendes Wasser
- schlecht gereinigte Wasserbehälter (Rückkühlerwanne), d.h. insgesamt nicht ausreichende Wartung, Reinigung und Desinfektion
- unzureichend oder nicht aufbereitetes Wasser.

Alle diese Voraussetzungen waren wohl im Falle Stafford gegeben:

- Klimaanlage und Rückkühlwerk besaßen praktisch eine gemeinsame Außenluftansaugöffnung; durch einen Spalt im Außenluftschacht konnten Aerosole aus dem Rückkühlbereich in das Klima-Luftsysteem gelangen,
- die Rückkühler waren zuvor 18 Monate lang ohne Unterbrechung, d.h. auch ohne Reinigung betrieben worden,
- durch einen Fehler in der Rohrinstallation konnte wahrscheinlich Wasser aus dem Rückkühlbereich in das Klimasystem gelangen,
- eine Abschaltung der Klimaanlage über Ostern, also kurz vor dem Ausbruch der Epidemie im April 1985, führte zwangsläufig zu stagnierendem Wasser im System (Abb. 2).

Es soll an dieser Stelle aber nicht unerwähnt bleiben, daß unter den Erkrankten auch einige waren, die nachweislich keinen Kontakt mit dem Krankenhaus hatten. Die Infektionsquelle konnte in diesen Fällen nicht ermittelt werden.

4. Abhilfe- und Vorbeugemaßnahmen

Die Ausrottung des Übels an der Quelle muß für den planenden Ingenieur das erste Ziel sein. Das nachträgliche Vernichten sollte dagegen der Ausnahmefall werden.

Die Planung, Ausführung und der Betrieb der Raumlufttechnischen- bzw. Klimaanlagen muß deshalb den normativen, betrieblichen und hygienischen Anforderungen entsprechen.

Es sind dies u.a. folgende Normen, Richtlinien und Vorschriften:

- DIN 1946 Teil 2 (1983) (Raumlufttechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen)
- und DIN 1946 Teil 4 (1978) (Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern) Anforderungen an z.B.:
 - Anordnung von Außen- und Fortluftöffnungen, Verhinderung von Luftkurzschlüssen,
 - Wartungs- und Reinigungsmöglichkeiten,
 - hygienische Kontrolle
- VDI 3803, Entwurf (Raumlufttechnische Anlagen, bauliche und technische Anforderungen) z.B.:
 - Luftbefeuhter: Anforderungen, Reinigung, Grenzwerte
 - Rückkühlwerke: Vermeidung von Luft-Kurzschlüssen, Grenzwerte
 - Luftdichtheit von Luftleitungen
 - Wärmedämmung von Luftleitungen (zur Kodensatvermeidung)
 - Instandhaltung (Reinigungs-, Inspektionsfähigkeit)

Die strikte Einhaltung dieser Regeln schafft Voraussetzungen, die einen Befall mit Mikroorganismen und damit auch Legionellen und deren Vermehrung

weitgehend verhindern.

Hier wird nicht nur der Ingenieur in die Verantwortung genommen, sondern das gesamte an einer Maßnahme beteiligte Planungsteam, einschließlich Architekt, Betreiber, Krankenhausträger und Hygieniker. Einsparungsmaßnahmen oder architektonische Besonderheiten u.ä. dürfen nicht so weit gehen, daß Sicherheit und Hygiene im raumlufttechnischen Bereich eingeschränkt werden. Leider ist dies allzu oft der Fall, da auch der Rotstift häufig schon bei der Genehmigung der Finanzierungspläne zu kräftig angesetzt wird.

Bei der Auswahl der Anlagenkomponenten sollten die Kriterien

- Wartungs- und Bedienungsfreundlichkeit
- Hygieneausführung

im Vordergrund stehen. Sie dürfen nicht - auch das ist leider nicht selten der Fall - bei der Vergabe der Bauleistungen oder während der Ausführungszeit billigeren Alternativen weichen.

Welche technischen Möglichkeiten und Alternativen stehen nun dem planenden Ingenieur zur Bekämpfung von Mikroorganismen im Anlagenkomponentenbereich zur Verfügung?

Luftbefeuchtung

Zur Luftbefeuchtung werden heute weitgehend sogenannte Luftwäscher (korrekt: Umlaufsprühbefeuchter) eingesetzt, in denen Mikroorganismen grundsätzlich günstige Lebensbedingungen vorfinden. Durch die verdunstenden Wassertröpfchen können Keime freigesetzt werden und ins Luftsysteem gelangen. Vor allem durch sorgfältige, regelmäßige Reinigung wie auch Desinfektion ist jedoch ein hygienisch einwandfreier Betrieb möglich. Dies gilt auch für die nachgeschalteten Tropfenabscheider.

"Nasse" Alternativen zum Wäscher, z.B. Rieselbefeuchter, Verdunstungsbefeuchter, Befeuchtungsfilter, dürften für das Wachstum von Mikroorganismen ähnliche Voraussetzungen bieten wie der Wäscher. Ihre Reinigung und Desinfektion ist jedoch u.U. schwieriger. Das Befeuchtungsfilter mit seiner nassen Oberfläche könnte sogar zur zusätzlichen Brutstätte werden.

Aus mikrobiologisch-hygienischer Sicht erscheint der Dampfbefeuchter zunächst als die bessere Alternative. Das gilt aber nur, wenn ein wirklich trockener Betrieb erreicht wird und nicht an benachbarten und nachgeschalteten Anlagenteilen Dampf kondensiert oder sich Pfützen bilden.

Luftentfeuchtung

Diese geschieht im Regelfall durch Kondensation auf der Kühleroberfläche. Eine gewissenhafte, regelmäßige Reinigung und Desinfektion ist auch hier erforderlich.

Alternativen gibt es kaum. Trockene Verfahren, z.B. durch Absorption oder Einsatz von hygroskopischen Stoffen eignen sich kaum für Klimaanlagen und sind

auch wirtschaftlich nicht zu vertreten.

Speziell auf das Wachstum von Legionellen bezogen dürfte die Gefahr im Kühler-/Entfeuchterbereich jedoch aufgrund der niedrigen Temperaturen gering sein.

Luftfilterung

Die Luftfilterung spielt eine entscheidende Rolle bei der Keimfreihaltung der Luft. Um diese Aufgabe zu erfüllen, sind Filter hinter den nassen Anlagenteilien anzutragen. Die Filteroberfläche muß allerdings trocken bleiben, damit sie nicht u.U. selbst zur Brutstätte von Mikroorganismen wird. Zweckmäßigerverweise sind Filter als letzte Komponente des Klimagerätes anzutragen, was natürlich nicht für Vorfilter gilt, die grobe Staubpartikel etc. von der Anlage fernhalten sollen.

Im Krankenhausbereich werden durch die Anordnung der dritten Filterstufe für Räume mit hohen bzw. besonders hohe Anforderungen an die Keimarmut (z.B. OP-Räume) zumindest diese Raumbereiche mit Sicherheit vor dem Eindringen von Legionellen durch die Klimaanlage geschützt. Eine Forderung nach der dritten Filterstufe für alle Raumbereiche mit normalen Anforderungen an die Keimarmut (z.B. Untersuchungs- und Behandlungsräume) ist aus der Sicht der Haustechnik nicht zu vertreten. Zu klären wäre jedoch, wie groß das Risiko nach der zweiten Filterstufe noch ist (Abb. 3).

Auf die Notwendigkeit, daß Filter nicht beschädigt sein dürfen und dicht einzubauen sind, muß an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Rückkühlwerke

Ähnlich wie der Luftbefeuchter kann auch das Rückkühlwerk (Kühlturn) günstige Lebensbedingungen für Mikroorganismen liefern. Dieses läßt sich aber ebenso wieder durch eine sorgfältige, dem jeweiligen Betriebszustand angepaßte periodische Reinigung und Desinfektion abstellen.

Der Luftführung muß allerdings in Zukunft mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden, damit Kurzschlüsse zwischen Rückkühl- und Klimaanlage mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Bei dem wohl am häufigsten eingesetzten Rückkühlsystem, dem sog. "offenen Kühlturn", wird das Umlauf-Kühlwasser versprüht und gelangt über Riesleinrichtungen und eine Sammelwanne wieder in das Rohrnetz.

Sog. "geschlossene Kühlturne" sind keine echte Alternative. Hier kommt das Kühlwasser zwar nicht mit der Atmosphäre in Berührung, da es über einen geschlossenen, luftgekühlten Wärmetauscher geführt wird, bei großem Leistungsbedarf schaltet sich jedoch sekundär unterstützend ein Sprühwasserkreislauf dazu.

Aus hygienischer Sicht kann wohl nur das rein luftgekühlte Rückkühlwerk als unbedenklich gelten. Seinem Einsatz sind jedoch leistungsmäßig und baulich nach oben Grenzen gesetzt (Abb. 4).

Betrieb der Klimaanlagen und Kühltürme (Rückkühlwerke)

Betrieb, Wartung, Reinigung und Desinfektion der Klima- und Rückkühlanlagen kann der planende Ingenieur nur noch wenig beeinflussen und zwar nur durch:

- Schaffung der Voraussetzungen für eine leichte und gründliche Wartung, Reinigung und Desinfektion. Dies muß ggf. auch bei praktisch ununterbrochenem Betrieb möglich sein.
 - Information und Beratung des Bauherrn und Betreibers über die Notwendigkeit, Häufigkeit und den Umfang der v.g. Arbeiten. Ggf. muß dieses in Zusammenarbeit mit dem Hygieniker geschehen.
- Hierzu gehört auch die Aufstellung eines "Hygiene- und Wartungsprogrammes" mit Angaben z.B. über
- Filterwartung
 - Grundreinigung
 - spezielle Wartungsarbeiten
 - Desinfektion
 - mikrobiologische Untersuchungen
 - Richtwerte
 - Mindestmengen bei Probeentnahmen für Untersuchungen.
- Hinweise auf Normen und Richtlinien, z.B.
 - VDMA 24176 - Leistungsprogramm für die Inspektion
 - VDMA 24186 - Leistungsprogramm für die Wartung von lufttechnischen und anderen technischen Ausstattungen in Gebäuden.

Bei der Festlegung der Wasserkonditionen für den Betrieb der Klima- und Rückkühlanlagen kann der planende Ingenieur ebenfalls - zweckmäßig auch hier in Zusammenarbeit mit dem Hygieniker - beratend tätig sein.

Grundsätzliche Abhilfemaßnahme kann im Bedarfsfall die Chlorung des Kühlwassers sein. Die kontinuierliche Biozidzugabe ist jedoch nicht die Lösung.

Es ist bekannt, daß Mikroorganismen bei ständiger Biozidzugabe Resistenz gegen das eingesetzte Mittel entwickeln können; darüber hinaus sprechen aber auch raumlufthygienische Gründe dagegen.

Im Wäscherbereich wird als wirksames Mittel gegen Mikroorganismen oft die UV-Bestrahlung durchgeführt. Sie hat den Vorteil, daß keine Geruchsbildung auftritt und dem Wasser keine toxischen Mittel zugeführt werden. Für die Keimreduzierung ist hauptsächlich die UV-C-Strahlung von Bedeutung. Das Absorptionsmaximum der Nukleinsäure - Bausteine der Mikroorganismen - liegt darin bei ca. 250 nm (Abb. 5). Es kann davon ausgegangen werden, daß UV-Strahlen auch Legionellen abtöten. Praktische Untersuchungen stehen noch aus.

Befeuchter- und Rückkühl- bzw. Kühlturmwasser sind regelmäßig und kontrolliert abzuschlammen, um durch Frischwasserzufuhr ein Ansteigen der Keimzahl zu verhindern. Durch automatische Einrichtungen kann das Betriebsperso-

nal von dieser Maßnahme sogar weitgehend entlastet werden.

5. Schlußbetrachtung

Klimaanlagen sind in vielen Bereichen unseres Lebens unentbehrlich geworden. Beispielsweise im Krankenhaus, in der Industrie, in Versammlungsräumen, kann darauf nicht verzichtet werden. Sie verbessern die Luftzustände im Raum und halten Verunreinigungen und Schadstoffe fern. Durch Klimaanlagen werden z.B. im Krankenhaus erst schwierige Eingriffe und Behandlungen ermöglicht.

Im industriellen Bereich können einmal durch RLT- bzw. Klimaanlagen erst bestimmte Prozesse, z.B. in der Mikroelektronik, Medizintechnik oder Pharmazie, durchgeführt werden, zum anderen lassen sich für Menschen behagliche und hygienische Luftzustände, die durch die Prozeßführung beeinträchtigt werden, herstellen.

Der oft leichtfertig benutzte Begriff "Keimschleuder" ist nicht nur völlig unangebracht und unrichtig, er zeugt auch von Unwissenheit und unzureichender Information.

Leider gibt es auch RLT-Anlagen, die die an sie gestellten Anforderungen nicht erfüllen. Die Ursachen hierfür sind oft in der Gesamtplanung eines Objektes, im Finanzierungs-, Vergabeverhalten oder im Betreiben der Anlagen zu finden. Diese Mängel dürfen nicht der Raumlufttechnik schlechthin angelastet werden und als Maßstab dienen.

Mängel, Fehlerquellen und die Ausbreitung von Mikroorganismen, also auch von Legionellen in Klimaanlagen, sind beherrschbar und können soweit reduziert werden, daß das Infektionsrisiko vernachlässigbar gering ist.

Voraussetzung hierfür ist, daß der planende Ingenieur die Probleme und ihre möglichen und vertretbaren Lösungen kennt, diese Lösungen aber auch verwirklichen darf und ihm genügend Verständnis für die Belange der Raumlufttechnik entgegengebracht wird.

Schon in der Planungs- und Ausführungsphase sollten alle Beteiligten nicht nur die Investitions-, sondern auch die Folgekosten bedenken, die sich oft durch geringe Mehrinvestitionen - auch für die hygienischen Belange - spürbar verringern lassen.

Von größter Bedeutung ist die sorgfältige Wartung und Reinigung der RLT-Anlagen. Unterbrochene Betriebsweisen, z.B. nachts oder an Wochenenden, müssen dabei ggf. besonders berücksichtigt werden. Vernachlässigungen auf diesem Gebiet machen die umsichtigste Planung und Ausführung wieder zunichte.

Eine absolute Sicherheit wird es wohl wie in allen Bereichen auch in der Raumluft-/Klimatechnik trotz der ständigen Verbesserungen der Anlagentechnik und der Überwachungsmethoden nie geben. Hier gilt es jedoch, das verbleibende geringe Risiko mit dem großen Nutzen insgesamt zu vergleichen.

Literatur

Heating and Ventilating Contractors Association (HVCA), London: Legionnaires' Disease - Background Information, June 1986

Pöhn, H.P.: Legionellose. Bundesgesundhbl. 22 (1979), 457

Seidel, K., Bätz, G., Bartocha, W. und Börnert, W.: Zum Vorkommen und zur Bewertung von Legionellen in der Umwelt unter besonderer Berücksichtigung von *Legionella pneumophila*. Bundesgesundhbl. 29 (1986), 399

Seeber, E., Seidel, K. und Wegner, J.: Legionellen - Vorkommen und hygienische Bewertung in der Warmwasserversorgung und in RLT-Anlagen im Krankenhaus; Vortrag 12. Int. Krankenhausssymposium, Berlin, 19. - 22.2.1986

Uerlings, A., Lütticken, R. und Höffler, U.: Vorkommen von Legionellen in Wässern von Klimaanlagen und Naßzellen im Bereich Nordrhein; Öff. Gesundheitswes. 48 (1986), 325

First Report of the Committee of Inquiry into the Outbreak of Legionnaires' Disease in Stafford, April 1985. London, July 1986

Schicht, H.H.: Die Klimaanlage als Streuquelle von Mikroorganismen. Technische Rundschau Sulzer, 3, 1971

Ziebel, H., Martiny, H., Rüden, H.: Desinfektion von Wäschekammern. Krankenhaustechnik, Juni 1981

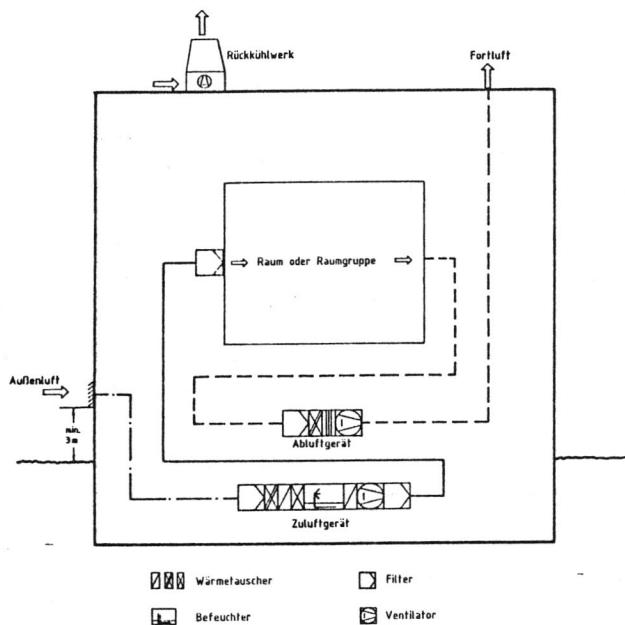


Abb. 1: Grundsätzlicher Aufbau einer RLT-Anlage
(Funktion = sogenanntes "Vollklima")

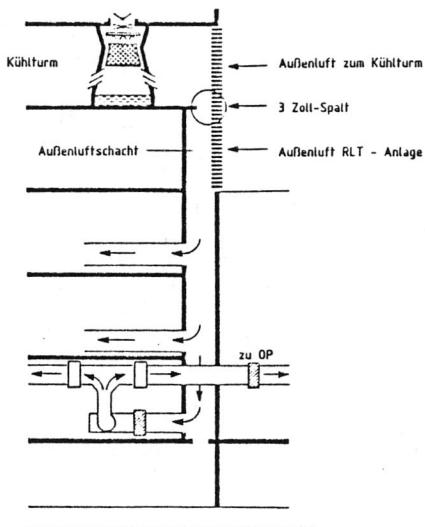


Abb. 2: Situation der Außenluftansaugung
im Krankenhaus Stafford

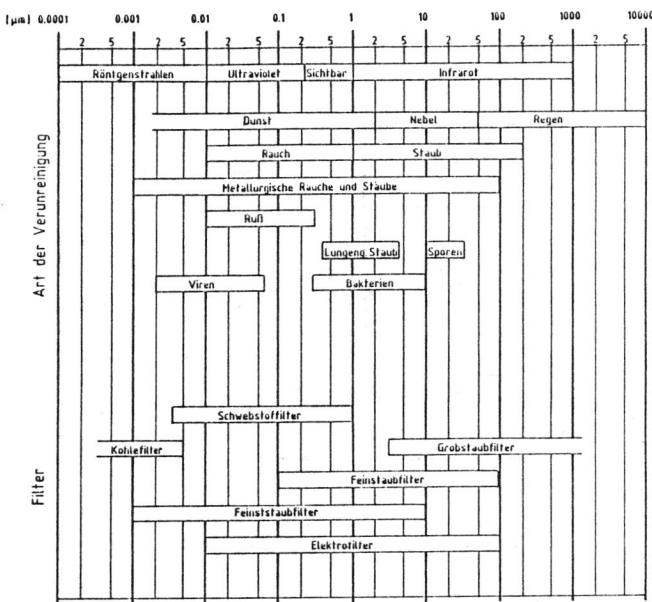


Abb. 3: Partikelgröße und möglicher Filtereinsatz

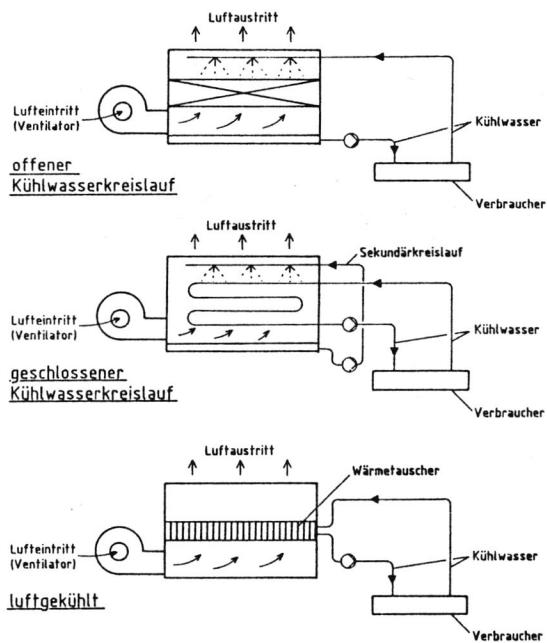


Abb. 4: Rückkühlwerke
(vereinfachte Darstellung)

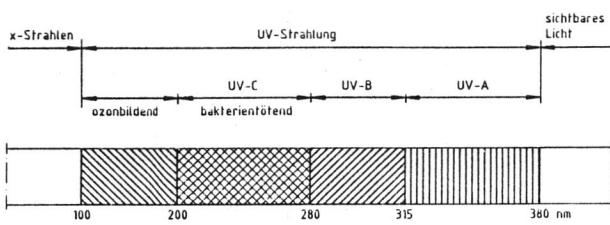


Abb. 5: Spektrum der UV-Strahlung

Legionellen in raumluftechnischen Anlagen aus der Sicht des Anlagenbauers

P. Schmidt

Zusammenfassung

Eine spezielle Gefahr der Ausbreitung von Legionellen durch RLT-Anlagen scheint aus der Sicht des Anlagenbauers derzeit nicht zu bestehen. Dieses gilt zumindest für die Bundesrepublik Deutschland, wenn bei der Planung und Erstellung der Anlagen alle gültigen Normen und Richtlinien beachtet werden und wenn beim Betrieb der Anlagen die erforderliche technische und hygienische Wartung erfolgt.

Für den Klimatechniker ist es jedoch unmöglich abzuschätzen, inwieweit Legionellen in der Zukunft eine größere Gefährdung darstellen als in der Vergangenheit. Wenn dieses nachweislich der Fall sein sollte, so müßte dieses Konsequenzen für den Bau von RLT-Anlagen haben und die einschlägigen Normen und Vorschriften müßten diesen geänderten Bedingungen angepaßt werden.

Erfahrungsgemäß stellen bestehende Anlagen nicht immer das Optimum bezüglich der technischen Konzeption und der sicheren Betriebsmöglichkeit dar. Die hygienische und technische Wartung der Anlagen ist gelegentlich unbefriedigend. Aus der Sicht des Anlagenbauers sind auch unter hygienischen Aspekten fehlertolerante Systeme wünschenswert. Dieses läßt sich vermutlich durch dezentrale Anlagen besser erreichen, die keine praktisch unkontrollierbaren ausgedehnten Kanalnetze erfordern und die im Ernstfall eine Verbreitung von Bakterien über das gesamte Gebäude verhindern.

Zweifellos erfordert allerdings eine große Zahl von dezentralen Anlagen höhere Aufwendungen bei der hygienischen Überwachung der Luftaufbereitungen. Der Einsatz von problemlosen Dampfbefeuchtern kann hier sicherlich eine Entlastung bringen.

1. Einführung

Aus der Sicht des Anlagenbauers besteht eine Gefahr von Infektionen durch Legionellen, die von raumlufttechnischen Anlagen ausgeht, nicht. Diese Aussage gilt zumindest für die Bundesrepublik Deutschland in jedem Fall dann, wenn die Anlagen entsprechend den gültigen Normen und Richtlinien erstellt werden und wenn sich die Anlagen in einem einwandfreien Wartungszustand befinden. Unter diesen Aspekten ist die Fragestellung, die im Themen dieses Beitrages liegt, für den Anlagenbauer praktisch ohne Bedeutung.

Der nachfolgende Beitrag soll sich daher mit solchen unter Umständen kritischen Anlagenteilen auseinandersetzen, in denen funktionsbedingt Feuchtigkeit während des normalen Betriebes auftritt oder in denen unter ungünstigen Bedingungen Feuchtigkeit auftreten kann, an denen eine Vermehrung von Bakterien daher prinzipiell möglich ist und die mit der Zuluft in Berührung kommen. Soweit vorhanden, sollen technische Alternativen aufgezeigt werden. Es kann dabei jedoch nicht Aufgabe des Ingenieurs sein, das Gefahrenpotential abzuschätzen, welches gegebenenfalls von diesen Anlagenteilen in Hinblick auf eine Vermehrung von Legionellen ausgehen kann.

Für eine Einordnung der Gefahren erscheint zunächst die Frage von Bedeutung, wieviele raumlufttechnische Anlagen es gibt und welche gerätetechnische Ausstattung bei diesen vorhanden ist. Bereits diese Frage ist fast nicht zu beantworten, weil es für die Bundesrepublik Deutschland praktisch keine solche Erhebung gibt. Einen Anhaltspunkt liefert hier nur eine grobe Abschätzung des Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), [1]. Danach dürften in der Bundesrepublik etwa 225.000 RLT-Anlagen existieren, von denen etwa 30% Klima-Anlagen sind. Eine andere Erhebung [2] ergibt einen Bestand von etwa 320.000 Raumklimageräten, bei denen etwa 60.000 Kompakt-Klimageräte enthalten sind. Inwieweit sich beide Abschätzungen überschneiden, ist nicht bekannt.

2. Kritische Anlagenteile

Eine Feuchteeinwirkung auf die Zuluft ist bei RLT-Anlagen in folgenden Anlagenteilen funktionsbedingt unumgänglich oder unter ungünstigen Bedingungen möglich:

- Luftbefeuchter,
- Luftkühler,
- regenerative Wärmerückgewinner,
- (Rückkühlwerke) und
- ggf. Kanalnetz.

Von diesen sind Rückkühlwerke selbst nicht im Zuluftstrom angeordnet, so

daß eine Kontamination der Zuluft nur in Ausnahmefällen eintreten kann. Eine Feuchteeinwirkung im Kanalnetz sollte bei ordnungsgemäßer Ausführung der Anlage praktisch ausgeschlossen sein, dennoch darf nicht übersehen werden, daß diese Bedingung in vielen Anlagen nicht erfüllt wird.

2.1 Außenluftaufbereitung

Eine wesentliche Aufgabe von raumlufttechnischen Anlagen liegt darin, die Außenluft auf den gewünschten Raumluftzustand aufzubereiten. Die nachfolgenden Darstellungen orientieren sich vornehmlich an den Verhältnissen in RLT-Anlagen, die vorzugsweise dem Komfort der Raumbenutzer dienen und die daher mit einem nicht zu geringen Außenluftanteil betrieben werden müssen. Für Anlagen mit sehr geringem Außenluftanteil gelten gegebenenfalls andere Gesichtspunkte.

Abbildung 1 zeigt eine Darstellung der jährlichen Häufigkeit der Außenluftzustände in Abhängigkeit der Lufttemperatur und der relativen oder absoluten Luftfeuchte. Die Angaben gelten nach DIN 4710 [3] für Gießen, sie sind jedoch mit nur geringen Unterschieden für alle Orte der Bundesrepublik gültig. Die wesentlichen Schlußfolgerungen sind also weitgehend allgemeingültig.

Man erkennt, daß Außenluftzustände zwischen 0°C und 5°C bei einer relativen Feuchte von etwa 80% am häufigsten sind. Im Vergleich mit den Raumluftzuständen, die in DIN 1946 Teil 2 [4] für Aufenthaltsräume gefordert werden, erkennt man, daß Außenluft in der Luftaufbereitung einer Klimaanlage im wesentlichen Teil der jährlichen Betriebszeit erwärmt und befeuchtet werden muß. Im Verhältnis dazu ist eine Kühlung und Entfeuchtung nur selten notwendig.

Dieses wird an der Darstellung in Abbildung 2 noch deutlicher, wo die Betriebszeitanteile, in denen befeuchtet oder entfeuchtet werden muß, angegeben sind. Die Zahlen gelten zunächst nur für einen ununterbrochenen Betrieb der Anlagen (24 h/d), die Relationen bleiben jedoch auch für den Teilzeitbetrieb erhalten. Es läßt sich also feststellen, daß in Klimaanlagen, die vor allem dem Komfort der Raumbenutzer dienen, in etwa 53% der jährlichen Betriebszeit befeuchtet aber nur zu weniger als 1% entfeuchtet werden muß.

Eine Feuchteeinwirkung auf die Zuluft ist sowohl bei der Befeuchtung wie bei der Entfeuchtung unumgänglich. Die deutlich unterschiedlichen Betriebszeitanteile für beide Luftaufbereitungsfunktionen legen es jedoch sicherlich nahe, der Befeuchtung größeres Augenmerk zu schenken.

2.2 Luftbefeuhter

Für die Luftbefeuhtung in einer RLT-Anlage gibt es eine Reihe technischer Möglichkeiten:

- Umlaufsprühbefeuhter,
- Dampfbefeuhter,

- Ultraschallbefeuchter und
- übrige Bauformen.

Von diesen werden bei uns nur Umlaufsprühbefeuchter und Dampfbefeuchter in nennenswertem Maße eingesetzt. Erhebungen über die Anteile dieser beiden Befeuchtungsarten gibt es nicht. Es dürfte jedoch zulässig sein, davon auszugehen, daß Umlaufsprühbefeuchter vornehmlich in zentralen Anlagen eingesetzt werden und Dampfbefeuchter in dezentralen Anlagen.

Für Umlaufsprühbefeuchter wird häufig auch noch von Klimatechnikern der Ausdruck "Wässcher" verwendet, wenngleich in diesen Geräten praktisch keine Reinigung der Zuluft eintritt. Abbildung 3 zeigt Draufsicht und Schnitt eines Umlaufsprühbefeuchters, in dem intensiv Wasser über einen Düsenstock versprüh wird, von dem nur ein kleiner Teil von der Luft durch Verdunstung aufgenommen wird. Der größere Anteil der Wassertropfen fällt zurück in den Wassertank des Befeuchters, aus dem die Umwälzpumpe das Wasser zum Versprühen ansaugt.

Über ein Schwimmerventil wird Wasser in den Wassertank üblicherweise aus der Stadtwasserleitung nachgespeist. Während des Befeuchterbetriebes sind alle luftberührten Teile des Befeuchters wie auch der Tropfenabscheider intensiv benässt. Die Temperatur des Wasser ist praktisch gleich der Lufttemperatur. Sie beträgt im allgemeinen 5°C bis 15°C. Die auftretende Verkeimung des Umlaufwassers wird üblicherweise durch physikalische oder chemische Mittel begrenzt.

Bei den Dampfbefeuchtern sind im wesentlichen zwei Bauarten zu unterscheiden, und zwar solche mit einer bauseitigen Dampfversorgung und solche mit einer Eigendampferzeugung. In Abbildung 4 sind die Konstruktionsprinzipien beider Bauarten gezeigt. Etwa 2/3 der eingesetzten Dampfbefeuchter haben eine Eigendampferzeugung, die stets elektrisch vorgenommen wird.

Die Befeuchtung der Luft geschieht bei beiden Bauarten durch Beigabe von Sattdampf, so daß diese Befeuchtung wegen der Dampftemperatur von 100°C als bakteriologisch unbedenklich angesehen werden darf. Wesentliche Voraussetzung für den befriedigenden Betrieb einer Dampfbefeuchtung ist es jedoch, daß eine ausreichende Befeuchtungsstrecke vorhanden ist und daß kondensatfreier Dampf eingesetzt wird.

In letzter Zeit werden in dezentralen Anlagen als Alternative zur Dampfbefeuchtung auch Ultraschallbefeuchter eingesetzt, bei denen Wasser aus einem Vorratsbehälter durch Ultraschall zerstäubt wird, siehe Abbildung 5. Diese Befeuchter sind im Hinblick auf den Energieaufwand den Umlaufsprühbefeuchtern gleich. Die Wassertropfchen sind jedoch im Gegensatz zu diesen so klein, daß sie vollständig verdunsten. Der Platzbedarf für die Ultraschallbefeuchter ist vergleichbar zu demjenigen von Dampfbefeuchtern.

Wie bei Umlaufsprühbefeuchtern kommt die Zuluft mit dem Wasservorrat in Berührung. Die Temperaturverhältnisse sind gleich wie bei diesen. Gezielte Maßnahmen gegen eine Verkeimung des Wasservorrates werden im allgemei-

nen nicht vorgenommen. Da die erzeugten Wassertröpfchen vollständig verdunsten, ist im allgemeinen eine Vollentsalzung des eingesetzten Wassers unumgänglich.

Weitere Bauformen von Luftbefeuchtern, wie Rieselkörper-Befeuchter, Schleuderscheiben-Befeuchter u.a., haben für die Klimatechnik praktisch keine Bedeutung. Dennoch erscheint es angesichts der Gesamtproblematik angezeigt, auf transportable Luftbefeuchter hinzuweisen, die zwar keine raumluftechnischen Anlagen im eigentlichen Sinne darstellen, die jedoch an vielen Stellen eingesetzt werden und die sicherlich hygienisch sehr problematisch sein können. Abbildung 6 zeigt zwei übliche Bauformen, in denen jeweils ein Wasservorrat vorhanden ist, in dem gegebenenfalls eine Vermehrung von Bakterien möglich ist. Die Temperatur dieses Wasservorrates liegt nahe der Raumlufttemperatur.

Zur Beantwortung der Frage, ob eine Befeuchtung mittels Umlaufsprüh- oder Dampfbefeuchter vorgenommen werden soll, stehen für den Klimatechniker zunächst Betriebskostengründe und die Betriebssicherheit im Vordergrund. Die Betriebssicherheit beider Verfahren kann heute als gleich eingeschätzt werden. Eine pauschale Aussage zu den Betriebskosten lässt sich allerdings nicht machen. Es kann jedoch unterstellt werden, daß der theoretische Energieaufwand für beide Verfahren keinen gravierenden Unterschied zeigt, solange die Anlagen mit erheblichem Außenluftanteil betrieben werden.

Während der jährlichen Befeuchtungszeit von 4950 h erfordert die Dampfbefeuchtung theoretisch nur in maximal 80 h, d.h. in knapp 2% der Befeuchtungszeit, einen höheren Energieaufwand, weil die Möglichkeit der sogenannten "freien Kühlung" infolge Verdunstung nicht genutzt werden kann, die bei der Umlaufsprüh- oder der Ultraschallbefeuchtung besteht, siehe Abbildung 7. Ansonsten hängt der Betriebskostenvergleich natürlich davon ab, auf welche Weise der Dampf für eine Dampfbefeuchtung erzeugt wird.

Falls die Befeuchtung mittels Umlaufsprüh- oder Ultraschallbefeuchtung bakteriologisch bedenklich sein sollte, so kann im allgemeinen eine Dampfbefeuchtung ohne gravierende Kostennachteile eingesetzt werden.

2.3 Luftkühler

Die notwendige Entfeuchtung der Zuluft kann in raumluftechnischen Anlagen praktisch nur durch Kondensation im Luftkühler erreicht werden. Eine Entfeuchtung durch adsorptive oder absorptive Maßnahmen kommt aus Betriebskostengründen nicht in Betracht. Die in den RLT-Anlagen eingesetzten Luftkühler dienen daher im allgemeinen sowohl der Kühlung wie der Entfeuchtung der Luft.

In Abbildung 2 wurde allerdings bereits gezeigt, daß im allgemeinen nur in weniger als 1% der Betriebszeit eine Entfeuchtung erforderlich ist. Bei geeigneter Auslegung der Luftkühler muß auch nur während dieses geringen Betriebszeitanteiles eine Benässung des Luftkühlers eintreten.

Für die Anordnung des Luftkühlers innerhalb der Luftaufbereitungsaggregate ist es im allgemeinen ohne Nachteil möglich, den Kühler in Strömungsrichtung vor dem Luftbefeuchter anzordnen, wie es im oberen Teil der Abbildung 8 gezeigt ist. Dieses hat den Vorteil, daß der Befeuchter und vor allem der nachgeschaltete Tropfenabscheider einen zusätzlichen Schutz dagegen bieten, daß Kondensat vom Luftkühler in nachfolgende Anlagenteile gelangen kann. Die selteneren, ebenfalls in Abbildung 8 gezeigte Anordnung sollte daher nur in begründeten Ausnahmefällen eingesetzt werden. Die Abbildung 9 zeigt eine übliche Anordnung eines Luftkühlers und eines Dampfbefeuchters in einem Klimakompaktgerät, wie es für dezentrale Anlagenkonzepte eingesetzt wird.

2.4 Regenerative Wärmerückgewinner

Eine wesentliche Möglichkeit der Energieeinsparung in raumluftechnischen Anlagen besteht in der Wärmerückgewinnung zwischen Fortluft- und Außenluft, wobei im größten Teil der Betriebszeit Wärme von der Fortluft an die kältere Außenluft übertragen wird. Energetisch besonders effizient ist dieses mit regenerativen Wärmerückgewinnern möglich, bei denen eine geeignete Speichermasse in der Fortluft erwärmt wird und diese Wärme in der Außenluft wieder abgegeben wird.

Die Abbildung 10 zeigt einen solchen Rotationswärmetauscher. Abhängig von der Art des Speichermediums ist auch eine Übertragung der sensiblen Wärme der Fortluft, d.h. des Feuchteinhaltes der Fortluft, möglich, wodurch die Energieeinsparung noch erhöht werden kann. Auch bei regenerativen Wärmerückgewinnern ohne Feuchteübertragung kann es jedoch auf der Fortluftseite zu Kondensation kommen, so daß Feuchtigkeit in die Zuluft gelangen kann.

Wenn vor allem aus hygienischen Gründen eine solche Feuchtigkeitsübertragung ausgeschlossen werden soll, so müssen rekuperative Wärmerückgewinner eingesetzt werden. Bei diesen haben solche nach dem Wärmerohr-Prinzip den besten Übertragungsgrad.

2.5 Rückkühlwerke

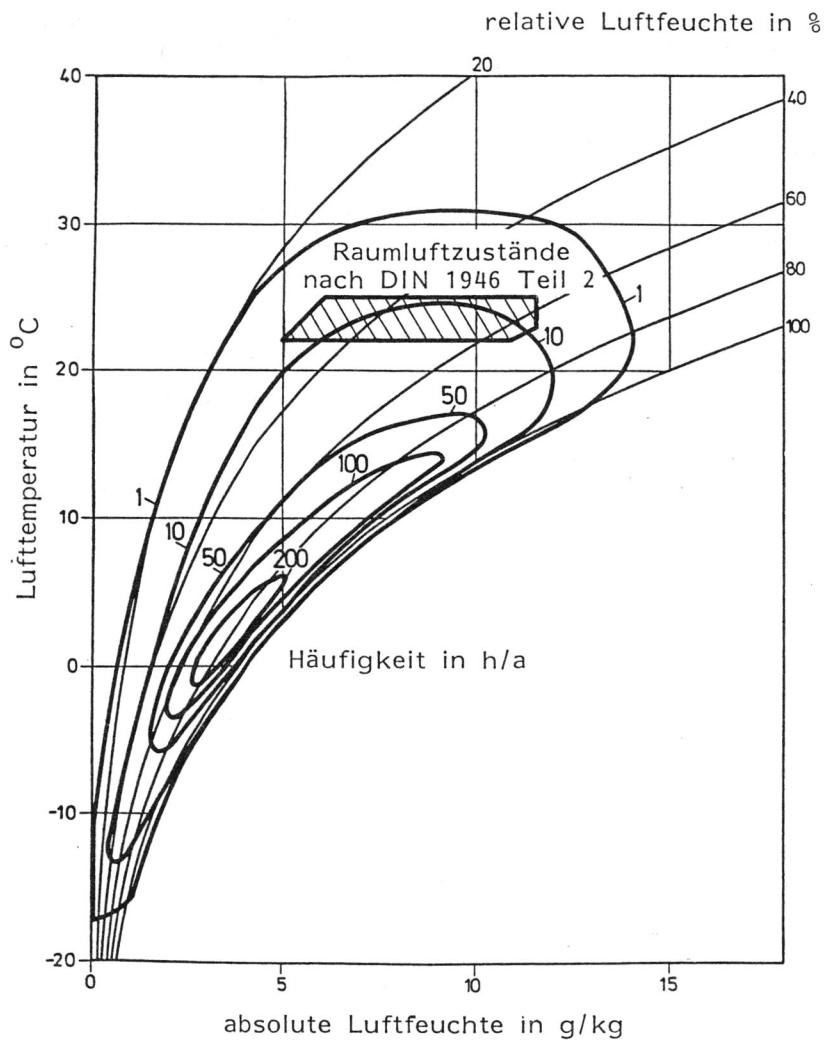
Für die Raumluftechnik eingesetzte Rückkühlwerke dienen der Abkühlung von Kühlwasser, welches im allgemeinen zur Kühlung der Kondensatoren von Kältemaschinen eingesetzt wird. Die Belastung solcher Rückkühlwerke ist im Sommer am höchsten, so daß aus Investitionskostengründen eine Verdunstungskühlung durch Verrieselung des Kühlwassers eingesetzt wird. Die Abbildung 11 zeigt das Schema des am häufigsten eingesetzten, sogenannten "offenen Rückkühlwerkes", bei dem das Wasser des Kühlkreislaufes direkt mit der Atmosphäre in Kontakt kommt und für dessen Betrieb das Kühlwasser stets verrieselt werden muß.

Eine bakteriologische Kontamination der Zuluft einer RLT-Anlage kann nur dann eintreten, wenn die Außenluftansaugöffnungen so angeordnet sind, daß

am Rückkühlwerk freigesetzte Aerosole dort mitangesaugt werden. Eine bezüglich der Investitionskosten aufwendigere Lösung besteht in sogenannten "geschlossenen Rückkühlwerken", bei denen das Kühlwasser über einen Wärmetauscher geführt wird, der nur bei Vollast von außen berieselten wird, der jedoch im wesentlichen Teil der Betriebszeit bei Teillast trocken betrieben werden kann.

Literatur

1. Angerer, G., Jochem, E., Mannsbart, W., Mentzel, T. und Poppke, H.: Bestand und Energieverbrauch von raumluftechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, 1982
2. Annonym: Jährliche Erhebung über den Inlandsabsatz von Klimageräten, Promotor-Verlag
3. DIN 4710: Meteorologische Daten, Ausg. Nov. 1982
4. DIN 1946 Teil 2: Raumlufttechnik - Gesundheitstechnische Anforderungen, Ausg. Jan. 1983

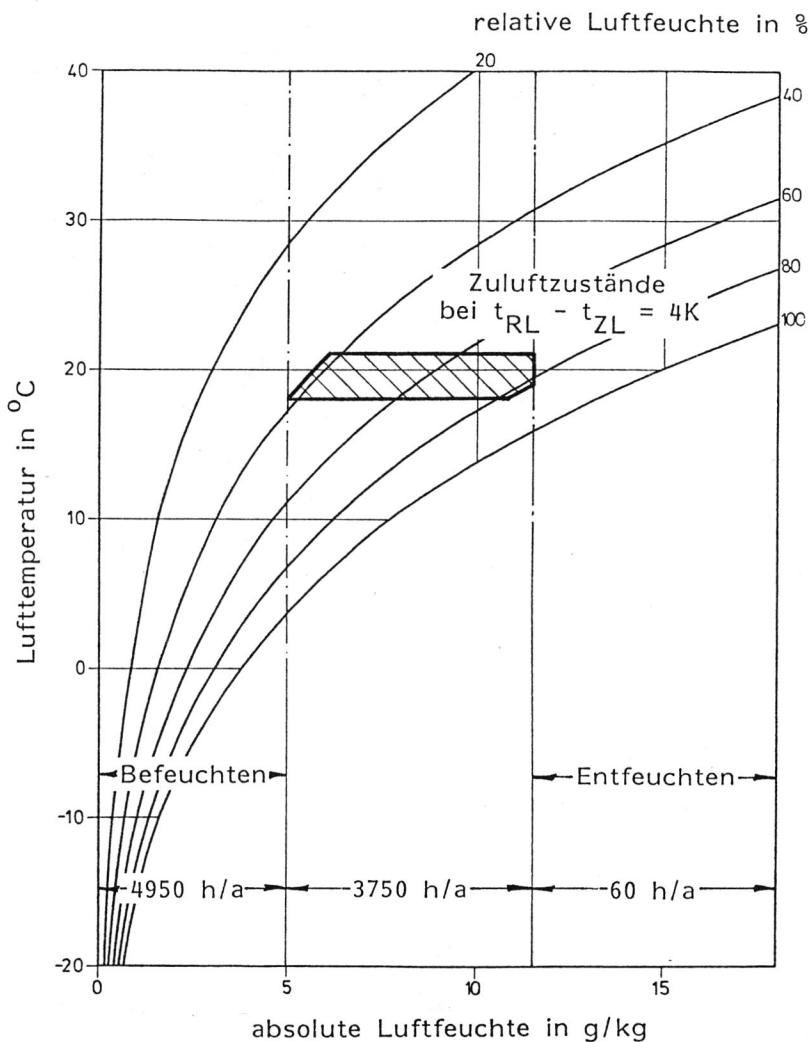


2.2/15

SCHMIDT
Bild 1

Häufigkeit
der Außenluftzustände in Gießen
nach DIN 4710

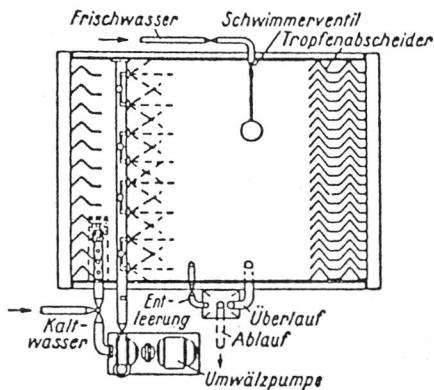




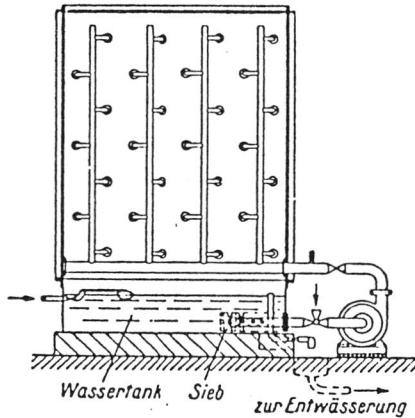
SCHMIDT
Bild 2

Betriebszeitanteile
für Be- und Entfeuchten bei der
Außenluftaufbereitung

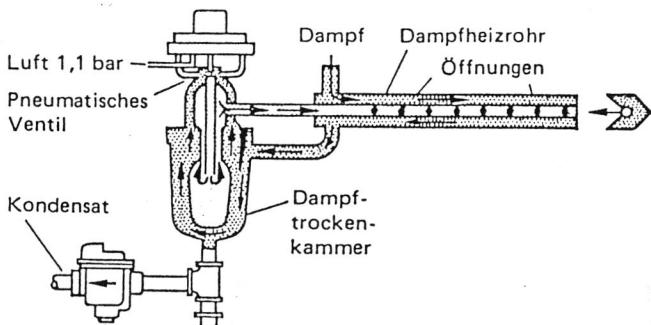




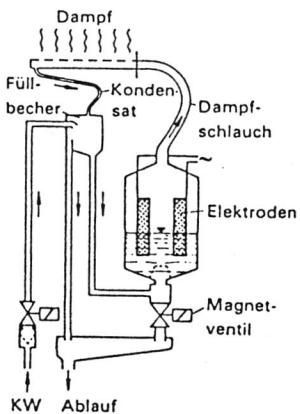
Draufsicht



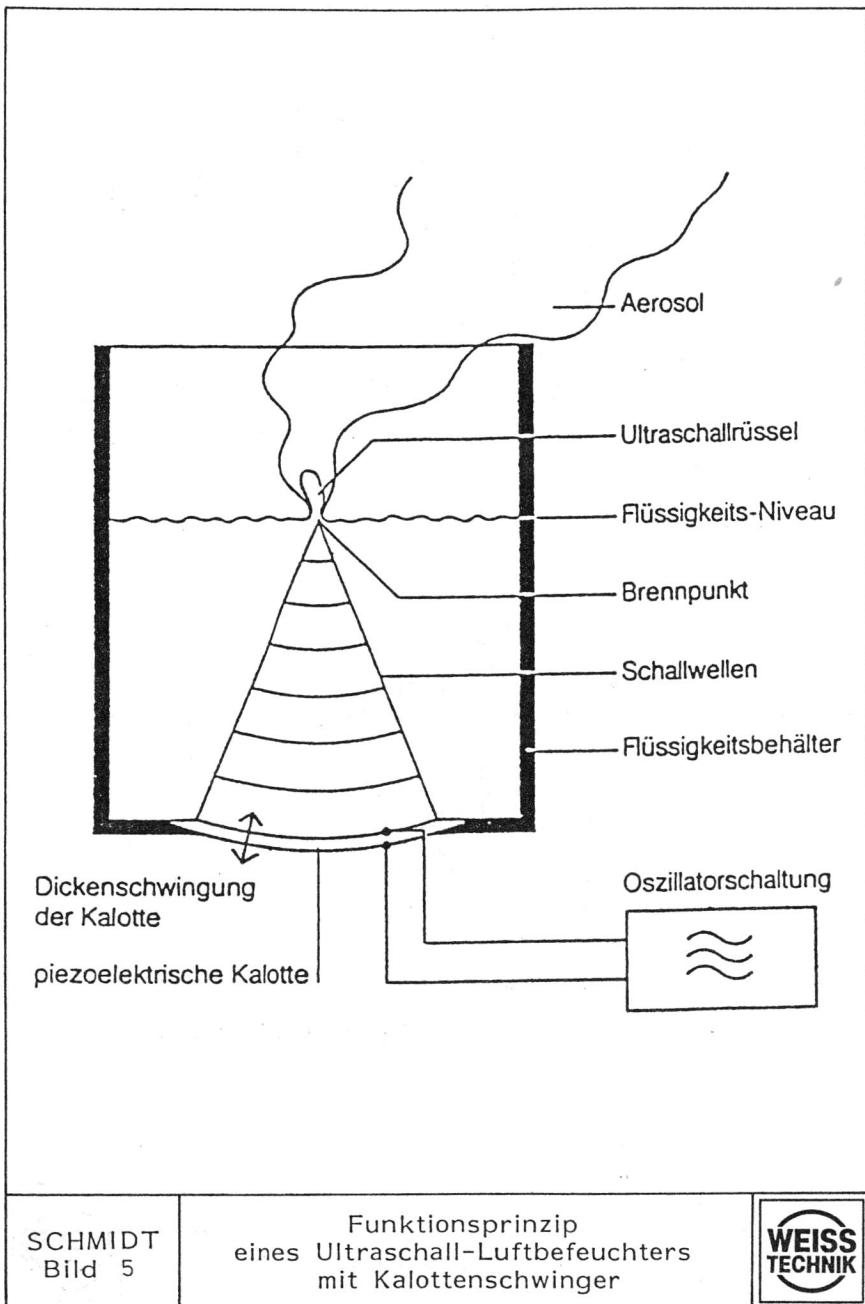
Schnitt



für bauseitige Dampferzeugung



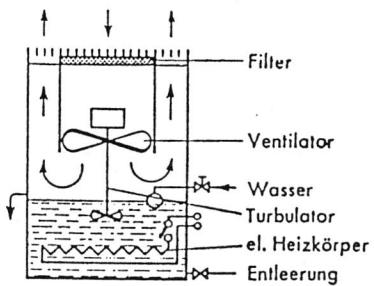
mit Eigendampferzeugung



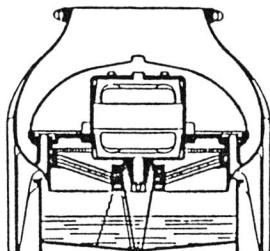
SCHMIDT
Bild 5

Funktionsprinzip
eines Ultraschall-Luftbefeuchters
mit Kalottenschwinger

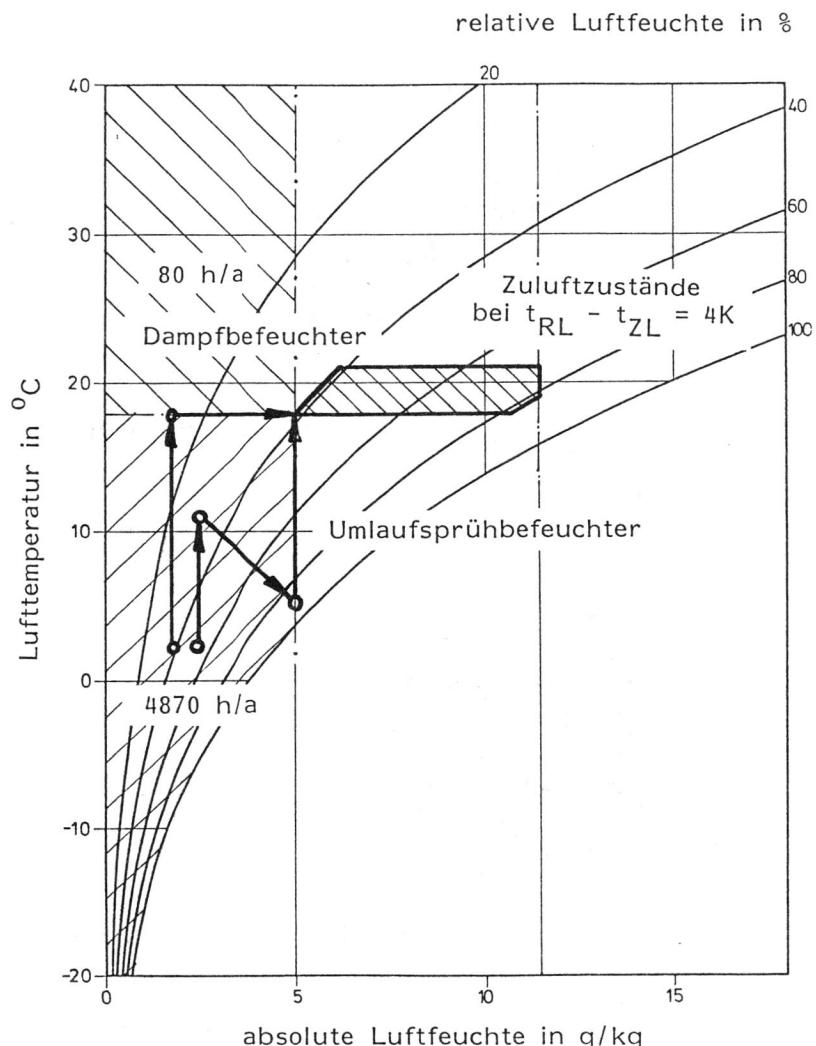




Verdunstungs-Luftbefeuchter



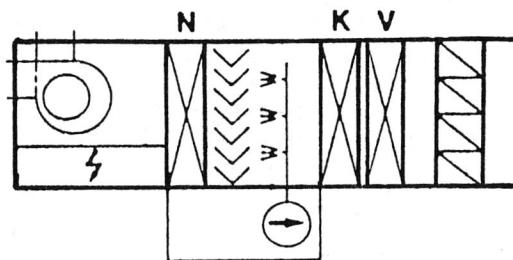
Zerstäubungs-Luftbefeuchter



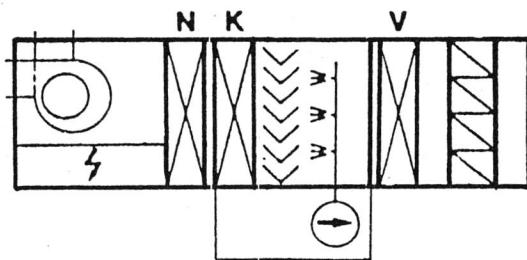
SCHMIDT
Bild 7

Energetische Unterschiede
zwischen Dampfbefeuchtung und
Umlaufsprühbefeuchtung

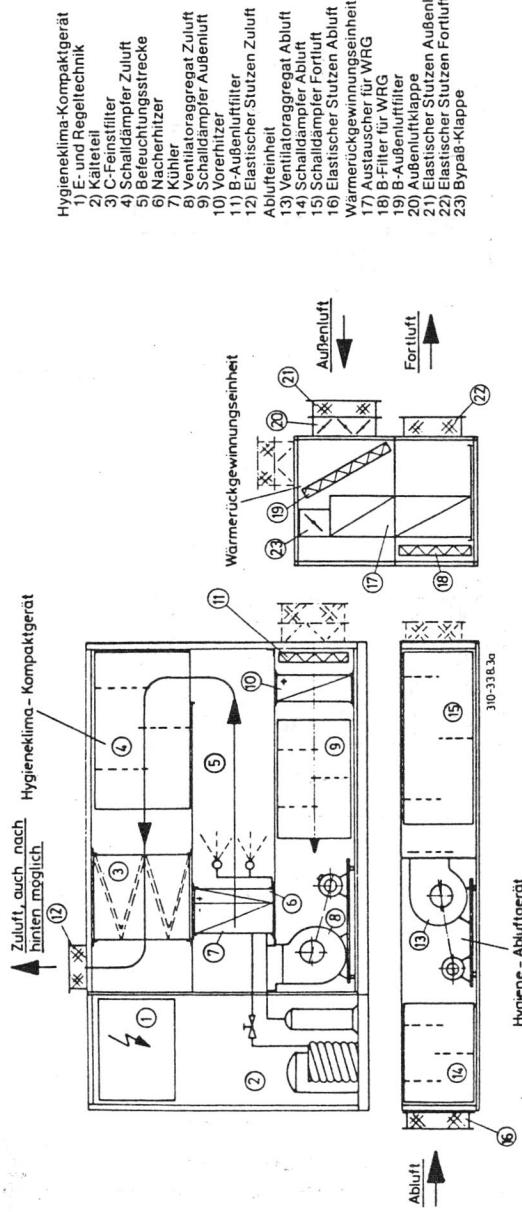




übliche Kühleranordnung



seltene Kühleranordnung



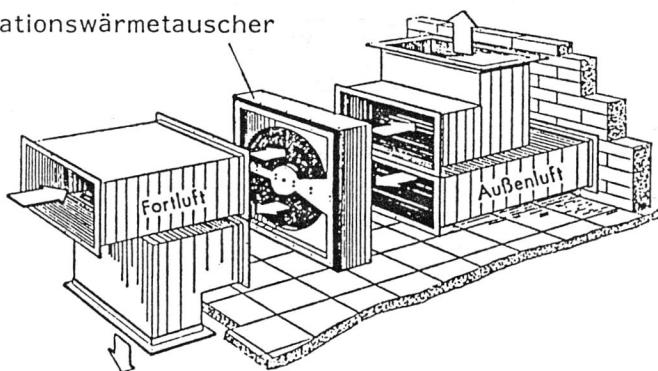
2.3.6/1

SCHMIDT
Bild 9

Prinzipdarstellung
eines Hygieneklima-Kompaktgerätes SYSTEM WEISS
mit Abluft- und Wärmerückgewinnungsteil

**WEISS
TECHNIK**

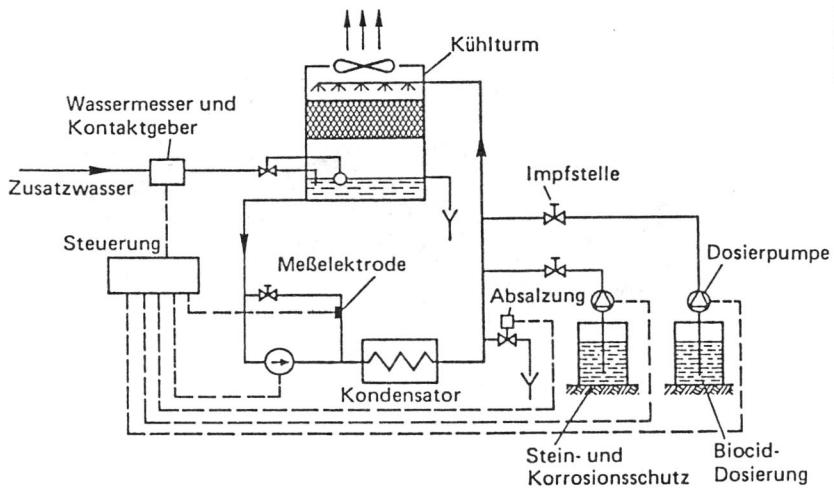
Rotationswärmetauscher



SCHMIDT
Bild 10

Regenerativer Wärmerückgewinner
mit Rotationswärmetauscher





Erfahrungen im Bundesgesundheitsamt

K. Wichmann und J. Wegner

Mit diesem Beitrag wollen wir Ihnen in Kurzform von den Erfahrungen berichten, die das Bundesgesundheitsamt selbst mit der Planung, dem Bau und dem Betrieb von aus hygienischer Sicht besonders aufwendigen Klimaanlagen gewonnen hat. Es handelt sich hierbei im wesentlichen um Klimaanlagen zur Versorgung von Räumen der Tierzucht und des Tierexperiments. Für die hier anstehenden Fragen der Beurteilung hygienischer Aspekte eignen sich diese Anlagen gut, da zum einen ein hoher hygienischer Standard ähnlich dem der Krankenhäuser gefordert wird und zum anderen die Betriebsabläufe z.T. besser als im Humanbereich kontrolliert und variiert werden konnten.

Auf diesen konkreten Erfahrungen gründen sich z.T. auch unsere Aussagen zu Risiken, ob und in welchem Umfang Gefährdungen durch die Verbreitung von Legionellen in Klimaanlagen gegeben sind.

Zur Sicherung der Aussagekraft, zur Verringerung der im Experiment einzusetzenden Tierzahlen und aus Kostengründen entstand der Zwang zur Standardisierung von Methoden der Versuchstierzucht. Neben den physikalischen und chemischen Umweltfaktoren muß in einem standardisierten Tierversuch auch die belebte Umwelt definierbar gemacht werden.

Alle Laboratoriumstierarten sind in der Zucht und während des Versuches von Pathogenen bedroht, die akute und chronische Erkrankungen bei den Tieren verursachen. Derartige Infektionen sind insbesondere bei Langzeitversuchen, die sich über die gesamte Lebensdauer gesunder Tiere erstrecken, bedenklich. Es muß mithin Ziel sein, die Versuchstiere zumindest von besonderen pathogenen Erregern freizuhalten. Dies versucht man durch besondere bauliche Einrichtungen (geschlossenes System mit Schleusen) und technische Anlagen, insbesondere aber auch durch hygienisch sichere raumluftechnische Anlagen, von denen hier im weiteren die Rede sein soll, zu erreichen.

Aufgrund der Kriterien Wachstum und Fortpflanzung der jeweiligen Versuchstiere wurden optimale Temperatur-Feuchtebereiche ermittelt und in sogenann-

ten Klimatogrammen dargestellt. Daraus und aus allgemeinen Erfahrungen wurden folgende raumklimatische Forderungen aufgestellt:

- 2 Temperaturbereiche (18 °C und 22 °C \pm 1 °C)
- relative Feuchte 50 - 60%
- Luftwechsel (nach Besatzdichte) bis 20fach
- Außenluftbetrieb

Hinsichtlich der erforderlichen relativen Feuchte für den Tierbereich sind in der Literatur auch andere Werte in den Grenzen von 40 - 80% beschrieben worden. Hierüber herrscht auch im Humanbereich offensichtlich noch kein allgemeingültiger Konsens.

Bei mehreren Neubauvorhaben des BGA hatten wir in Zusammenarbeit mit der ausführenden Baubehörde, mit sachkundigen Planern und renommierten Firmen der Klimatechnik die Aufgabe, optimale und vor allem hygienisch sichere Lösungen zu finden.

Kritische Wertungen von Klimaanlagen hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Eintritts gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch Mikroorganismen müssen von den günstigsten Wachstums- und Verweilsituationen innerhalb der Anlagen ausgehen. Mikroorganismen brauchen zum Wachsen geeignete Temperaturen, Feuchtigkeit, organische Substanz und Zeit. Es galt daher, alle Anlagenteile von der Ansaugstelle bis zum Eintritt der behandelten Luft in den Raum im Hinblick auf diese Kriterien zu werten. Unsere Feststellungen sind zwar gemeinhin bekannt und trivial, leider aber selbst heute nicht weniger bedeutsam, wie wir meinen.

Lassen Sie uns an einer 2-Kanal anlage einige mögliche Gefährdungspunkte betrachten und später dann anhand unserer Erfahrungen bei ausgeführten Anlagen beurteilen, ob und in welchem Ausmaß Risiken allgemein und durch die Verbreitung von Legionellen im besonderen gegeben sind.

Vorangestellt wird behauptet, daß trotz Vor- und Nachfilter und selbst bei Einhaltung der Termine und der geforderten Sorgfalt bei der Reinigung organische Substanz meist hinreichend verfügbar ist. Gleichermassen sind die meisten Anlagenteile aus baulichen, konstruktiven und kostenmäßigen Gründen nicht frei von Nischen auszubilden, die zumeist auch kaum zu reinigen sind. Die Komponenten Zeit und organische Substanz können also in der Regel als fast immer gegeben angenommen werden.

Abschnitt 1: Von der Ansaugstelle bis zum C-Filter ergeben sich hauptsächlich Reinigungsprobleme. Insbesondere Herbst- oder Winterzeiten, aber auch regnerische Sommer lassen zumindest im ersten Teilbereich der Luftansaugung, welcher häufig gleichzeitig mehrere größere Anlagen versorgt, beachtliche und z.T. feuchte Dreckkrusten trotz kürzerer Reinigungsintervalle entstehen. Die Konsistenz dieses Schmutzes macht oft den Einsatz von Dampfstrahl-Reinigern erforderlich.

Die Durchfeuchtung des Schmutzes hängt von der Jahreszeit und vom Kli-

ma ab. Daher ist dieses Kanalstück über lange Zeiträume weitgehend trocken. Die Temperaturen in diesem Bereich entsprechen oberhalb der Temperatur des Nachwärmers den jeweiligen Außentemperaturen. Für eine begrenzte Zeit können sich hier mithin Werte von ungefähr 25 °C einstellen. Allerdings fallen die höheren Temperaturwerte nicht mit den höheren Feuchtigkeitswerten zusammen.

Insgesamt sind also günstige Wachstumsbedingungen für viele Mikroorganismen gegeben. Dennoch haben wirtschaftliche Erwägungen im Hinblick auf zusätzliche Kosten für häufigere Reinigung, zusätzliche Filter und Energiekosten, die dann zusätzlich durch die höheren Druckverluste entstehen, hier meist Vorrang vor hygienischen Aspekten.

Abschnitt 2: Die Befeuchtung der Zuluft unserer Anlagen erfolgte mit Dampf. Dampf stand in den Gebäuden aus anderen Gründen mit einem Vordruck von 4 Bar zur Verfügung. Dampf ist im Gegensatz zu den hygienisch erheblich problematischeren Umlaufsprüh-Befeuchtern wegen der Temperaturen, die weit über 100 °C liegen, hygienisch-mikrobiologisch grundsätzlich unbedenklich. Probleme entstehen, wie dies Hofmann [1] 1977 zusammenfassend darlegte, durch die Möglichkeit der Kondensatbildung. Kondensat entsteht bei jeder Abkühlung von Sattdampf; die geringfügige Überhitzung des Dampfes durch die Entspannung soll hier vernachlässigt werden. Es ist deshalb unmöglich, den Dampf bis zur Einspritzstelle vor der Dampfwanze kondensatfrei zu halten. Aufwendige Kondensatableitungssysteme müssen deshalb die weitgehende Trennung der flüssigen Phase vom Dampf sicherstellen. Es würde den Rahmen unserer kurzen Ausführungen sprengen, die unterschiedlichen technischen Lösungen hier darzulegen und die Fehlermöglichkeiten zu diskutieren. Insbesondere muß sichergestellt werden, daß große Kondensatmengen nach längerem Stillstand, also in der Übergangszeit oder bei ungünstig ausgelegter Regelung und zeitlich langen Regelspielen, störungsfrei abgeleitet werden. Wenngleich hier viele Möglichkeiten, Fehler zu machen gegeben sind und diese "Chance", wie wir haben erfahren können, auch weidlich genutzt wurde, so können diese Fehler durch nachträgliche Einbauten und Rohrleitungsänderungen nachgebessert werden.

Erheblich schwieriger sind die Forderungen zu erfüllen, den Dampf gleichmäßig fein über den gesamten Kanal-Querschnitt zu verteilen und ausreichend lange Befeuchtungsstrecken zur Vermischung zu bilden. Hier sei noch einmal auf die zusammenfassende Arbeit von Hofmann verwiesen, in der die Grundlagen zur Berechnung der Zahl und Anordnung der Dampfwanzen sowie der Länge der Befeuchtungsstrecke dargelegt sind. Bei Einhaltung der berechneten Werte wird sichergestellt, daß sich ein weitgehend homogenes Dampf-Luftgemisch bildet, das den Regeln des I-x-Diagramms für feuchte Luft folgt und freies Wasser erst unterhalb des Taupunktes bildet. Tatsächlich gibt es bei der Ausführung von Anlagen verschiedene Zwänge, die die Einhaltung der geforderten Werte nicht ermöglichen. Alle bei uns installierten Anlagen entsprechen nicht den geforderten Regeln. Bei einer ausgeführten Anlage im BGA ist bei einem Kanalquerschnitt von ca. 4 m² nur eine Dampfwanze in Höhe der Sohle ange-

ordnet. Die Lanze hat symmetrisch angeordnete Bohrungen gleichen Durchmessers, so daß bei kleineren Dampfstößen nur die ersten Bohrungen beaufschlagt werden. Der Kanal wird ohne Strömungsführung nach ca. 1 m in den Warm- und Kaltluftkanal geteilt. Als Folge gelangt Dampf in weitgehend unvermischter Form in die folgenden Kanalstücke und kann dort kondensieren und aufheizen. Das Auffinden dieser Kondensatnester ist schwierig, da die Zugänglichkeit, wie später auch noch einmal ausgeführt, meist nicht gegeben ist. Wenn gleich sich durch die ständige Luftströmung sowohl die Feuchtigkeit als auch die Temperatur immer wieder angleichen, sind hier besondere Gefährdungszonen zu erwarten.

Abschnitt 3: Nach der Trennung in Warm- und Kaltluftkanal wird die Zuluft zur Einhaltung der geforderten relativen Feuchte in den Nutzräumen zu Zeiten hoher Feuchtelasten auf eine Restfeuchte von 7 g/kg getrocknet. Das ausgeschiedene Kondensat wird in einer Wanne gesammelt und abgeführt. Die absolute Feuchte von 7 g/kg entspricht einer Taupunkttemperatur von ungefähr 9 °C, weshalb die Oberflächentemperatur des Entfeuchters und der Kühlflüssigkeit einige °C niedriger liegen müssen. Aufgrund der sich im Umgebungsbe- reich des Kondensats dadurch einstellenden niedrigen Temperaturen können hier günstige Wachstumsbedingungen nicht angenommen werden.

Abschnitt 4: Die hier als Beispiel dienende Anlage zur Klimatisierung von Tierlaboratorien hatte eine Leistung von 22.500 m³/h und war zur Sicherheit vor mechanischen Störungen als Doppelanlage ausgebildet worden. Das Zentralgerät war, wie alle anderen Klimaanlagen des Gebäudes, im Keller aufgestellt. Dadurch ergaben sich bei der Führung der Kanäle in Vertikalschächten und Flurbereichen erhebliche Leitungslängen. Die gesamte innere Oberfläche kann im vorliegenden Beispiel noch in m², muß bei anderen uns bekannten Anlagen aber einfacher in km² ausgedrückt werden. Die Leitungsquerschnitte lassen eine Be- gehung nicht zu, die Leitungen sind aus Gründen der Energieeinsparung isoliert und aus Platzgründen in dicht aneinanderliegenden Paketen gebündelt. Nach un- seren Erfahrungen ist das Leitungssystem absolut unzugänglich. Wir möchten dies ausdrücklich betonen, um Hinweise abzuwerten, die vielleicht unterschwei- lig den Eindruck haben entstehen lassen, als ob auch an dieser Stelle korrekte Wartungen eine Besserung herbeiführen könnten. Da die Leitungen keines- wegs gasdicht sind, lassen sich auch keine gasförmigen Desinfektionsmaßnah- men durchführen. Das Gefährdungspotential dieses Teilbereichs ist schwer ab- zuschätzen, da es von der korrekten Funktion der vorliegenden Filter abhän- gig ist. Zumindest langfristig ist in den Nischen mit erheblichem Bewuchs zu rechnen. Wie Stillstandszeiten, wie sie sich bei unserer Doppelanlage zwangs- läufig ergeben, wirken, blieb für uns noch unbeantwortet.

Abschnitt 5: Vor Eintritt in den Nutzraum werden Warm- und Kaltluftkanal in einem auf die Bedingungen des jeweiligen Nutzraumes regelbaren Misch- kasten mit Volumenstromregler vereinigt. Kondensation in den Mischkästen ist dann nicht auszuschließen, wenn sich bei der Befeuchtung im Warmluftkanal

eine höhere absolute Feuchte eingestellt hat und diese auf kalte Anlagenteile der Kaltluftseite trifft.

Welche Folgerungen sind nun aus den hier dargelegten Überlegungen und Erfahrungen sowie bisherigen Veröffentlichungen und Berichten zu ziehen?

1. Für die Klimaanlagen unserer Tierlaboratorien haben wir die Anordnung eines Schwebstoff-Filters S unmittelbar am Zulufteintritt des Nutzraumes gefordert, da wir allen davorliegenden Anlagenteilen hinsichtlich ihrer hygienischen Sicherheit mißtrauten. Dies war und ist eine teure Sache, hat uns aber bisher offensichtlich vor Infektionen aus diesem Bereich geschützt. Bei Besichtigungen von Klimaanlagen mit ähnlichen Aufgabenstellungen der pharmazeutischen Industrie konnten wir feststellen, daß gleiche oder ähnliche Lösungen gewählt worden waren.
2. Unsere bisherigen Kenntnisse und Erfahrungen über das Wachstum und die Verbreitung von Legionellen lassen vermuten, daß bei einzelnen Anlagen an den aufgezeigten Problemstellen Legionellen nachzuweisen sind. Bestätigt wird unsere Ansicht auch durch die jetzt veröffentlichte deutsche Arbeit von Uerlings, Lütticken und Höffler [2], die bei der Untersuchung von 102 Wäschekammern von Klimaanlagen bei 2 Proben den Nachweis von Legionella pneumophila Serotyp 1 erbringen konnten.
3. Hinsichtlich des Infektionsrisikos ausgehend von Klimaanlagen sind allgemeine Aussagen z.Z. nicht möglich, zumal gesicherte Erkenntnisse über das Infektionsgeschehen noch nicht vorliegen. Es kann aber davon ausgegangen werden, und dies hat die Wirklichkeit ja auch bedauerlicherweise gezeigt, daß einzelne Anlagen bei einer Addition von Mängeln an den Problemstellen gefährlich sein können. Eine hygienische Bewertung von Klimaanlagen, insbesondere der, die im Umfeld von Risikopersonen betrieben werden, ist daher geboten. Für besonders gefährdete Bereiche müssen bei Zweifeln endständige S-Filter angeordnet werden.
4. Feststellungen, daß mikrobiologische Probleme bei DIN-gerecht gebauten und fachmännisch gewarteten Anlagen heute kaum mehr eine Rolle spielen, sollen von uns nicht entwertet werden. Dennoch zeigen unsere Erfahrungen, daß selbst bei ökonomisch weniger ausgerichteten wissenschaftlichen Instituten aus vergaberechtlichen, technischen, baulichen und der ungenügenden Organisation des Bauablaufs zuzurechnenden Gründen Lösungen gefunden und ausgeführt wurden, die dem hohen hygienischen Anspruch nicht mehr genügen.
5. Es gibt eine große Zahl von Regeln, Hinweisen und Forderungen über Aufbau, Betrieb und insbesondere Pflichten zur Wartung von Klimaanlagen wie z.B.:
DIN 1946 Teil 2: Raumluftechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen,
DIN 1946 Teil 4: Raumluftechnik; Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern (z.Z. novelliert),

VDI 3803 (Entwurf):	Raumluftechnische Anlagen; Bauliche und technische Anforderungen,
DIN 3801:	Betreiben von raumluftechnischen Anlagen,
VDMA 24 176:	Lufttechnische Geräte und Anlagen; Leistungsprogramm für die Inspektion,
VDMA 24 186:	Lufttechnische Geräte und Anlagen; Leistungsprogramm für die Wartung,
Arbeitsstätten-VO:	§ 53 Abs. 2 Instandhaltung, Prüfung.

Tatsache ist, daß eine Vielzahl von Anlagenbetreibern - über die Anzahl kann man sich gewiß streiten - aus einem Mangel an Informationen über mögliche Gefahren und aus wirtschaftlichen Gründen die gegebenen Regeln nicht einhalten. Es muß mithin - wie schon gesagt - von Gefährdungen durch einzelne, fehlerhafte Anlagen ausgegangen werden. Diese zu erkennen und rechtzeitig aufzufinden, ist schwierig und zeitaufwendig. Wichtig wäre es deshalb, durch angemessene Aufklärung zu erreichen, daß die Notwendigkeit, die Zentralanlagen zu reinigen und zu desinfizieren, befolgt wird.

6. Wir haben begonnen, größere, zentrale Klimaanlagen an ihren Feuchtstellen und Nischen durch Wasserproben und Abstriche zu untersuchen. Die stark unterschiedlichen Bedingungen in den Jahreszeiten zwingen uns, die Untersuchung mindestens 1 Jahr durchzuführen. Dabei muß eine genaue technische Beschreibung der Anlage, des Betriebsablaufs und der Wartungs- und Reinigungsarbeiten erfolgen. Einbezogen in die Untersuchung sind die Kühltürme (Rückkühlwerke), wobei die Frage eines möglichen Kurzschlusses zwischen Kühlturnabluft und der Frischluftansaugung im Vordergrund steht; Beispiel eines Untersuchungsobjekts: Ansaugung aus einem Innenhof 20 m x 30 m x 10 m hoch = 6.000 m³; Abluft Kühlturn, ca. 6 m entfernt auf dem Dach; Ansaugmenge ca. 90.000 m³/h.
Ziel unserer Untersuchungen ist nicht das Auffinden einzelner Legionellen, sondern wir wollen Schwachstellen in diesem komplexen technischen System aufzeigen. Dabei spielt auch das Verhalten des Betriebspersonals eine entscheidende Rolle. Uns ist bekannt, daß sich der Gegenstand der Untersuchung allein durch die Tatsache der Untersuchung ändert.

Literatur

1. Hofmann, W.-M.: Maßnahmen für eine hygienisch einwandfreie Luftbefeuchtung in Krankenanstalten. Gesundheits-Ingenieur 98 (1977), 166- 174
2. Uerlings, A., Lütticken, R. und Höffler, U.: Vorkommen von Legionellen in Wässern von Klimaanlagen und Naßzellen im Bereich Nordrhein. Öff. Gesundh. - Wes. 48 (1986), 325 - 328

Zur Toxikologie ausgewählter Biozide

E. Roßkamp

Zusammenfassung

Der Biozideinsatz ist eine Möglichkeit, die Verbreitung von Mikroorganismen über die Klimaanlage zu verhindern. Der Umgang mit diesen Substanzen erscheint hier aber nicht problemlos.

Da der Einsatz der Biozide in offenen Kreisläufen erfolgt, ist die Möglichkeit, daß geringe Wirkstoffmengen in die klimatisierten Räume gelangen, nicht auszuschließen. Hier erforderliche Luftanalysen, unter Praxisbedingungen gewonnen, liegen nicht vor. Darüberhinaus finden sich in der Literatur keine ausreichenden toxikologischen Daten zu diesen Substanzen.

Die Frage, ob eine Gefährdung für die sich in den klimatisierten Räumen aufhaltenden Personen besteht, ist deshalb derzeit nicht beantwortbar.

Unabhängig hiervon sollte jedoch, wie von Seiten des Bundesgesundheitsamtes schon mehrfach - auch in anderem Zusammenhang - betont (zuletzt Pressemitteilung vom 23. Juni 1986 [1]), berücksichtigt werden, "daß bei jedem Einsatz biologisch wirksamer Chemikalien potentielle Gefahren für den Verbraucher - im Sinne eines Restrisikos - nie mit letzter Sicherheit auszuschließen sind". Bezogen auf den Einsatz von Bioziden in Wäschekammern der Klimaanlagen bedeutet dies, daß eine Biozid-Verwendung, wo immer möglich, vermieden und durch andere Maßnahmen, wie z.B. häufigeren Wasserwechsel, häufigeres Reinigen bzw. andere Technologien (z.B. Dampfbefeuchter) ersetzt werden sollte.

Wie in den betreffenden Beiträgen erläutert, bringen - was die raumlufttechnischen Anlagen anbetrifft - vor allem auch die Luftbefeuchterkammern

als idealer Lebensraum für verschiedene Mikroorganismen viele hygienische Probleme. Als ein Mittel diese Probleme zu meistern, d.h. vor allem Wachstum und Verbreitung fakultativ pathogener Keime über die Klimaanlagen zu verhindern, bietet sich der Einsatz von Desinfektionsmitteln an.

Da der Einsatz dieser Mittel nicht im Rahmen des Bundes-Seuchengesetzes gesehen wird, erfolgt durch das BGA auch keine Prüfung auf Brauchbarkeit diesem Gesetz entsprechend. Auch im Rahmen anderer hier im Amt 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 Abschätzung eventuell mit dem Einsatz der Produkte verbundener Risiken. Sind solche Risiken zu erwarten, so ist dies auf den Etikettierungen zu vermerken. Die Gefahrstoffverordnung vom 26.08.86 führt dazu in Anhang I aus [2]:

"Zweck der Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen und Zubereitungen ist es der Öffentlichkeit und den Personen, die mit diesen Stoffen und Zubereitungen umgehen, wesentliche Informationen über deren gefährliche Eigenschaften und Möglichkeiten zur Vermeidung von Gefahren zu vermitteln.

Die Kennzeichnung berücksichtigt potentielle Gefahren, die bei gebräuchlicher Handhabung und Verwendung gefährlicher Stoffe und Zubereitungen auftreten können. Die Information bezieht sich auf Stoffe und Zubereitungen, wie sie in den Verkehr gebracht werden, aber nicht auf die Form, wie sie verwendet werden können (z.B. verdünnt)".

Eine Deklarationspflicht über die genaue Zusammensetzung der Zubereitungen besteht jedoch für den Hersteller nicht.

Aus diesem Sachverhalt erfolgt nun leider, daß die genaue Zusammensetzung der im Handel befindlichen Wasserbehandlungsmittel hier nicht bekannt ist. Nach den uns vorliegenden Daten gehen wir jedoch davon aus, daß in diesen Wasserbehandlungsmitteln vor allem die in Tabelle 1 aufgeführten bioziden Wirkstoffe enthalten sind. Tabelle 1 enthält auch die in der Literatur angegebenen Daten zur akuten Toxizität dieser Substanzen [3 - 6].

Nach der Gefahrstoffverordnung sind die Substanzen allenfalls als mindergiftig zu kennzeichnen [2]. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die Angaben zur Akuttoxizität der angebotenen Formulierungen von diesen Daten abweichen können, da Biozide in den Handelspräparaten in verdünnter Form (meist unter 10%), aber im Gemisch mit anderen Substanzen angeboten werden.

Diese Daten zur akuten Toxizität sind vor allem beim Umgang mit diesen Substanzen am Arbeitsplatz und zur dortigen Unfallverhütung von Interesse. Da hier auch die Gefahr des Haut- oder Schleimhautkontaktees besteht, möchte ich darauf hinweisen, daß die Substanzen häufig reizende oder ätzende Eigenschaften besitzen. Achten Sie beim Umgang auf die mit den Gefahrensymbolen verbundenen entsprechenden Hinweise.

Neben diesen gesundheitlichen Aspekten vornehmlich des Arbeitsplatzes gibt es beim Einsatz von Bioziden im Luftpässcher von Klimaanlagen aber auch folgendes zu bedenken: Der Einsatz erfolgt in offenen Kreisläufen, somit besteht die Möglichkeit, daß Produktbestandteile mit dem Luftstrom in die klimatisierten Räume gelangen und dort - wenn auch evtl. nur in geringen Mengen - über lange Zeiträume inhaliert werden. Nach wenigen vorliegenden diesbezüglichen Messungen muß vorsorglicherweise davon ausgegangen werden, daß dies tatsächlich der Fall ist. Wanner und Witz wiesen bereits 1974 nach Desinfektion von Luftpässchern mit Formaldehyd bzw. Chlor diese Substanzen anschließend in geringsten Konzentrationen in den klimatisierten Versuchsräumen nach [7]. Ein ähnlicher Versuch wurde von Kästner und Gode durchgeführt [8]. Sie setzten ein Wasserbehandlungsmittel bestimmungsgemäß bei maximalem Durchsatz in einer Klimaanlage ein und wiesen anschließend die aktive Substanz in den klimatisierten Räumen nach. Messungen unter Praxisbedingungen liegen nicht vor. Um eine gesundheitliche Gefährdung für diesen Expositionspfad ausschließen zu können, sind deshalb zusätzlich zu den genannten Prüfungen zur akuten Toxizität auch Langzeit inhalationsstudien neben Untersuchungen auf mutagene und cancerogene Wirkungen sowie Daten über allergisierende bzw. sensibilisierende Eigenschaften erforderlich. Nach eingehendem Literaturstudium ergibt sich für die in Tabelle 1 genannten Substanzen folgendes Bild:

Dichlorophen findet als Fungizid und Bakterizid u.a. in der Textil-, Leder- und Papierverarbeitung und in der Landwirtschaft Verwendung [9]. Es wird darüber hinaus in der Human- und Veterinärmedizin gegen Bandwurmbefall eingesetzt [9]. Als Konservierungsmittel im kosmetischen Bereich wird es in der Liste der vom BGA zugelassenen antimikrobiellen Konservierungsmittel für kosmetische Präparate geführt [10, 11]. Die zulässige Höchstkonzentration liegt hier bei 0,2%. Aufgrund seiner allergisierenden Wirkungen und seiner Sensibilisierungsfähigkeit muß der Zusatz in Kosmetika mit dem Hinweis "enthält Dichlorophen" deklariert werden. Beobachtungen über Wirkungen nach Aufnahme über die Atemwege liegen nicht vor, mutagene Wirkungen sind beschrieben [12].

2,2 Dihydroxy- 5,5 Dichlorodiphenylsulfid (Fentichlor) findet in Konzentrationen von 0,7 - 2% im kosmetischen Bereich Verwendung [3]. Photoallergische Wirkungen sind hier beschrieben [13]. Es wird nicht in der BGA-Liste der zugelassenen Konservierungsmittel für kosmetische Präparate geführt.

Kathon hat weite Anwendungsgebiete. Es findet in verschiedenen Formulierungen Verwendung als Kühlwasserslimizid, als Slimizid in der Papierindustrie, als Biozid für Swimming-pools, in Haushaltsreinigern und in Kosmetika [3, 13]. Es wird in der Liste der vom BGA zugelassenen antimikrobiellen Konservierungsmittel für kosmetische Präparate geführt [10, 11]. Aus diesem Bereich werden zunehmend Allergisierungen beschrieben [14]. Im Patch-Test sind bis zu Konzentrationen von 10 ppm (reine Wirksubstanz) positive Reaktionen beobachtet worden. Kästner und Gode [8] setzten Ratten einem vernebelten Kathon-haltigen Wasserbehandlungsmittel aus. Eine 14-wöchige, tägliche 4 1/2-stündige

Exposition gegenüber 1739 mg/m³ wurde von den Versuchstieren reaktionslos vertragen.

Kathon zeigt mutagene Wirkungen an *Salmonella typhimurium* und Lymphomazellen der Maus [15].

Zu **Oligohexamethylenbiguanid** sind keine weiteren toxikologischen Daten in der zugänglichen Literatur publiziert.

Auch **Dimethyloxazolidin** wird als Konservierungsmittel gegen Bakterien, Hefen und Pilze auf dem Kosmetiksektor angeboten [3]. Deshalb beziehen sich auch hier die toxikologischen Befunde in erster Linie auf dermale Applikationen. Im Ames-Test an *S. typhimurium* erwies sich die Substanz als nichtmutagen [16]. Toxikologische Daten zur Aufnahme über die Atemwege liegen nicht vor. Es ist in der Liste der zulässigen Kosmetikakonservierungsstoffe des BGA für Mittel, die nach Gebrauch ausgespült werden, zugelassen [10, 11].

Wasserstoffperoxidlösungen zerfallen in H₂O und O₂; beschleunigt wird dieser Zerfall durch Schwermetalle, Alkalien, Staub und Katalysatorrückstände in Kunststoffen. Durch Zusätze wie Schwefelsäure, Phosphorsäure und Natrium-diphosphat werden deshalb die Gebrauchslösungen stabilisiert (3). Aufgrund der Reizwirkungen auf den Atemtrakt ist die maximale Konzentration für H₂O₂ in der Luft am Arbeitsplatz (MAK-Wert) auf 1 ml/m³ (1,4 mg/m³) festgelegt [16]. In zahlreichen Versuchsanordnungen (Bakterien- und Säugetierzellsystemen) zeigt Wasserstoffperoxid mutagene Wirkungen. Die Ergebnisse verschiedener Cancerogenitätstest sind zweifelhaft [17]. Die "International Agency for Research on Cancer" (IARC) der WHO bewertet die Tierstudien folgendermaßen: Es gibt einen beschränkten Hinweis (limited evidence) für eine Cancerogenität am Versuchstier. Da epidemiologische Studien nicht vorliegen, kann derzeit keine Abschätzung einer cancerogenen Wirkung auf den Menschen gemacht werden [17].

Literatur

1. bga-Pressemitteilung 13/1986 vom 23. Juni 1986. Bundesgesundheitsamt: PCP verschwindet aus Holzschutzmitteln. bga Pressedienst, Berlin
2. Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung - GfStoffV) vom 26.8.1986 Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1986, Teil I, 1470 - 1487
3. Wallhäußer, K.H.: Praxis der Sterilisation - Desinfektion - Konservierung - Keimidentifizierung - Betriebshygiene. Thieme Verlag Stuttgart 1984
4. Kathon, W.T.: Informationsbroschüre der Rohm and Haas Deutschland GmbH

5. Register of Toxic Effects of Chemical Substances 1979. Edition Prepared for the National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio 1980
6. Demers, E.S.: Oxadiene - the new alternative. Cosmetic Toiletries. Vol. 96 (1981), 79 - 81
7. Wanner, H.V. und Margot Wirz: Hygienische Aspekte der Luftbefeuchtung in Klimaanlagen. Sozial- und Präventivmedizin 19 (1974), 351 - 356
8. Käster, W. und Gode, P.: Methoden und Ergebnisse bei der Prüfung von Wasserbehandlungsmitteln. Z. Wasser Abwasser Forsch 16 (1983), 39 - 47
9. Grosselin, R.E., Schmith, R.P. and Hodge, H.C.: Clinical Toxicology of Commercial Products, 5. Ausgabe Williams and Wilkins Baltimore/London 1984
10. Kosmetik-Verordnung, 7. Verord. zur Änderung der Kosm. Verord. vom 22. Dez. 1982, Bundesgesetzbl. 1982, Teil 1, S. 2018
11. Kosmetik Verordnung, 9. Verord. zur Änderung der Kosm. Verord. vom 20. März 1985. Bundesgesetzbl. 1985, Teil 1, S. 586
12. Gocke, E. et al.: Mutagenicity of cosmetic ingredients licensed by the European Communities: Mutation Res. 90 (1981), 91 - 109
13. Rickwood, D.M., Barratt, M.D.: Photochemical reactions of fentichlor with soluble protein. Chem. Biol. Internat. 52 (1984), 213 - 22
14. De Groot et al.: ^RKathon CG: Cosmetic allergy and patch test sensitization. Contact Dermatitis 12 (1985), 76 - 80
15. Scribner, H.E. et al.: The genetic toxicology of Kathon biocide, a mixture of 5-chloro - 2 methyl - 4 isothiazolin - 3 - one and 2-methyl - 4 isothiazolin - 3 - one. Mutation Res. 118 (1983), 129 - 152
16. Deutsche Forschungsgemeinschaft: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und biologische Arbeitsstofftoleranzwerte 1986. Mitteilung XXII der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. VCH Verlag Weinheim 1986
17. IARC Monographs on the Evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: Hydrogen Peroxide. Volume 36 (1985) 285 - 314, Lyon

Tab. 1: Daten zur akuten Toxizität einiger in Wasserbehandlungsmitteln zum Einsatz kommenden Biozide

Substanz	akute Toxizität
Dichlorophen CAS-Nr. 97-23-4	LD ₅₀ oral Ratte 2,69 g/kg
2,2' Dihydroxy- 5,5'-Dichlordiphenylsulfid CAS-Nr. 97-24-5	LD ₅₀ i.p. Maus 280 mg/kg
Mischung aus 5-Chlor-2-Methyl- 4-Isothiazolinon und 2-Methyl-4-Isothiazolinon mit Stabilisator (Kathon WT)	LD ₅₀ oral Ratte 300 mg/kg LD ₅₀ dermal Kaninchen 900 mg/kg LC ₅₀ inhalativ Ratte 9,73 g/m ³
Oligohexamethylenbiguanid	LD ₅₀ oral Ratte 650 bis 4000 mg/kg
Dimethyloxazolidin 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

Vorkommen und Bedeutung von Legionellen in Kraftwerkskühlsystemen

H.-P. Werner

Konstruktionen und Betriebsarten von Naßkühltürmen der Kraftwerke 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 vergleichweise hoch. 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 wurden von verschiedener Seite [1, 2, 5, 6, 10, 11, 33] zusammengestellt.

Die Diskussion war u.a. häufig durch Übersetzungsfehler kompliziert, wenn "cooling towers" für Naßkühltürme von Kraftwerken eingestuft wurden, obwohl es sich um kleine Rückkühlwerke oder Kühlaggregate (teilweise von Klimaanlagen [23]) handelte.

Es existieren keine Berichte, wonach Legionellen-Erkrankungen mit dem Betrieb von Naturzug-Naßkühltürmen in Zusammenhang gebracht wurden.

Infolge der besonderen Auflagen und Überprüfungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren ist bei neuen Kühlanlagen nicht mit einer Gefährdung der Bevölkerung durch die Immission von Mikroorganismen, insbesondere Legionellen, zu rechnen.

Zu dieser generellen Beurteilung, vor allem von Naturzug-Naßkühltürmen nach dem Stand der Technik, gelangten wir anhand der Untersuchungsergebnisse an zahlreichen Standorten mit unterschiedlicher Wasserqualität. Wir können daher die gleichartige Schlußfolgerung von Bonnell und Rippon [4] nach Studien an solchen Kühlanlagen in England zwischen 1983 und 1985 bestätigen.

Jedoch ist der Hygieniker aufgerufen, die Ergebnisse von Grundlagenforschungen sowie die epidemiologischen Zusammenhänge von Ausbrüchen an Legionel-

len-Erkrankungen daraufhin zu analysieren, ob sie für dieses Modell technischer und damit künstlicher Habitate relevant sind. Vor allem gilt es, im Vorfeld technischer Weiterentwicklungen die Erkenntnisse einzubringen und solcherart mitzuwirken, daß auch künftig der Betrieb von Naßkühltürmen kein Risiko bedeutet. Auf der Basis präventiver Überlegungen sind erforderlichenfalls auch alte Anlagen technisch zu modifizieren. Dabei gilt es, unbeeinflußt von emotional motivierten Argumenten nur sachlich betont die Zusammenhänge zu analysieren und nicht zu übersehen, daß der Betrieb derartiger Kühlanlagen aus umwelthygienischer Sicht eine unverzichtbare Notwendigkeit bedeutet.

In Kenntnis der Literatur sind einige Grundlagen hervorzuheben, die bei dem Modell Naßkühlturm zu berücksichtigen sind. Allgemein bekannt ist der Nachweis von Legionellen an Stellen mit Algenvorkommen [29], eine meist leicht ausschaltbare Symbiose. In der Natur vorkommende Legionellen vermehren sich optimal bei Temperaturen zwischen 25 und 37 °C (45 °C), pH-Werten von 5,5 bis 9,2 und Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff zwischen 6,0 und 6,7 mg/Liter [16, 19, 25, 30]. 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 [7, 17, 21, 24]. Optimal für eine Vermehrung scheinen Konzentrationen von 25 - 50 mg Fe/Liter zu sein, offenbar die Ursache der Legionellenquelle aus Warmwasserbehältern infolge Korrosion. Nach Untersuchungen von States et al. [26], Stout et al. [27] sowie Wadowsky et al. [31, 32] vermehren sich unter diesen Bedingungen eine Reihe von "Nicht-Legionella-Bakterien" (Flavobakterien, Pseudomonaden, Alcaligenes spec., *Acinetobacter spec. usw.*); ihre Stoffwechselprodukte stehen nunmehr für das Wachstum der Legionellen zur Verfügung. *L. pneumophila* vermehrt sich in der ökologischen Nische, entstanden aus dem Zusammenwirken von Mikroflora, Sediment und erhöhtem Temperaturniveau. Insofern kann eine Verschiebung der mikrobiellen Zusammensetzung in Wasserstellen als grober Indikator gelten.

Die Infektion des Menschen erfolgt vorwiegend per inhalationem. So erkrankten 1973 10 Arbeiter an Pontiac-Fieber nach Reinigung eines Dampfturbinen-Kondensators mit Hochdruck-Sprühgeräten [15] ohne Atemschutzmasken. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist mit einer Verbreitung infektiöser Aerosole auf große Entferungen zu rechnen, wenn auch gesicherte Beweise nicht vorliegen. Aus der Epidemiologie eines Legionellose-Ausbruches in Glasgow 1984 wäre auf eine Verbreitung von Legionellen durch ein Rückkühlwerk bis in eine Entfernung von 1.700 Metern zu schließen, jedoch fehlt der Beweis, wonach das betreffende Legionellen-Reservoir tatsächlich die Keimquelle war [22]. Als gesichert ist aber die Ausbreitung in der freien Atmosphäre aufgrund der 1978 in Memphis abgelaufenen Epidemie einzustufen.

In zahlreichen Berichten [12, 18] wird über die Isolierung aus Wasserkreisläufen der Kühlanlagen von Kraftwerken berichtet, jedoch liegen nur wenige Untersuchungen vor, die auch auf eine Vermehrung in diesem Habitat schließen

lassen. Richtungsweisend erscheint eine 1985 von Buehler et al. [8] 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 Meter hohe Zellenkühler (je 9 Zellen) gekühlt (Volumenstrom pro Zelle: $675 \text{ m}^3/\text{min}$). Chlor wird dem Umlaufwasser zur Algenbekämpfung zugesetzt. Die untersuchten Personen wurden je nach ihren Aktivitäten in der direkten Umgebung der Kühlanlagen in 3 Gruppen (geringe, mittlere und starke Exposition) eingeteilt. Gegen zwei aus dem Kühlwasser isolierte Legionellen (*L. pneumophila* Serogruppe 6 und einen nicht typisierbaren 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 1:128 gegenüber *Legionella pneumophila* Serogruppe 6. Ein ähnlicher, jedoch nicht statistisch signifikanter Trend war gegenüber dem zweiten Stamm nachweisbar.

Gleichzeitig durchgeführte Erhebungen über abgelaufene Erkrankungen erbrachten keine Häufungen, was auch bei dem unspezifischen "grippeähnlichen" Bild eines Pontiac-Fiebers nicht zu erwarten war. Die Ergebnisse der Studie lassen aber auf eine Immunreaktion infolge Inhalation Legionellen-haltiger Aerosole aus der Kühlanlage schließen.

Wie zu erwarten, sind häufig Legionellen aus Flußwasserproben [9, 12, 13, 14, 20, 28] zu isolieren. Von hier aus gelangen sie auch in das Kreislaufsystem der Kühltürme. Die bei wiederholten Probenahmen aus denselben Kühlsystemen nachgewiesenen gleichartigen Legionellen lassen auf eine kühlturmspezifische Flora schließen, deren Art und Anzahl offenbar durch die Aufbereitungs- und Betriebsbedingungen sowie Konstruktion des Kühlturmes bedingt sind.

So ist bei Kreuzstromkühlern mit saugenden Ventilatoren die Ausbildung einer sekundären Keimquelle im unteren Bereich des Diffusors möglich. In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Ing. D. Wurz konnten wir technische Lösungen zur Ausschaltung der sekundären Keimquelle aufzeigen und nach Umbau deren Wirksamkeit beweisen. Technische Weiterentwicklungen erfordern vielfach die Anordnung von Schalldämpfer-Kulissen im Schwadenbereich. In gemeinsamen Studien mit Wurz legten wir die Anforderungen an derartige Einbauten fest, ebenfalls mit dem Ziel, sekundäre Keimquellen auszuschalten. Weitere Empfehlungen zur Minimierung von Algenwachstum erscheinen für Konstruktionsänderungen und die Oberflächenbeschichtung angebracht.

Im Vordergrund steht das Ziel, mit Hilfe von durchdachten Konstruktionen, Aufbereitungsverfahren und Betriebsarten auf den Einsatz von Bioziden vollständig verzichten zu können. Algizide und Desinfektionsmittel stellen keine Lösung der Problematik dar, sie verursachen vielmehr neue Risiken.

Die Ausführungen machen aber auch deutlich, daß von Naturzug-Naßkühltürmen nach dem Stand der Technik ausgehend nicht mit einem Risiko einer Legionellen-Infektion für die Bevölkerung zu rechnen ist. Zum Verständnis der Zusammenhänge und insbesondere für Weiterentwicklungen sowie die Bewertung

des Risikos vor allem niedriger ventilatorbetriebener Kühlanlagen erscheinen weitere Untersuchungen geboten. Wenn sich auch die Diskussion in der Öffentlichkeit auf Kraftwerke konzentriert, dürfen bei dieser Problematik andere Industriebetriebe nicht übersehen werden. Hier scheinen Überprüfungen zur Erhebung der tatsächlichen Ist-Situation angezeigt. In vielen Fällen handelt es sich um Zellenkühlanlagen oder Ventilatorkühltürme in Rundbauweise, es ist aber auch an kleine Kühlgeräte für Kompressoren zu denken. Gerade derartig kleine Geräte waren bereits Ursache von Epidemien [3]. Dabei gilt es nicht nur die Konstruktion zu beachten, sondern auch die geübte Aufbereitung bzw. Konditionierung zu analysieren.

Literatur

1. Abwärmekommission: Auswirkungen von Kühltürmen. Verlag E. Schmidt, Berlin, 1983
2. Baer, E., Billing, J., Ernst, G., Werner, H.-P. und Wurz, D.: Mikrobielle Emission und Immission sowie Keimzahländerungen im Kühlwasser bei Betrieb von Naß-Kühltürmen. III. Mitteilung: Laboratoriumsuntersuchungen zur Bestimmung der Absterbekinetik von *Escherichia coli* in Kühlwasserschwaden. *Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B* 169 (1979), 135
3. 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
4. Bonnell, J.A., and Rippon, J.E.: Legionella in power station cooling waters. *Lancet II* (1985), 327 - 328
5. 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
6. Borneff, J., Ernst, G., Werner, H.-P., Botzenhart, K., Thofern, E. und Wurz, D.: 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
7. Bortner, C.A., Miller, R.D., and Arnold, R.R.: Bactericidal Effect of Lactoferrin on *Legionella pneumophila*. *Inf. Immun.* 51 (1986), 373 - 377

8. Buehler, J.W., Sikes, R.K., Kuritsky, J.N., Gormann, G.W., Hightower, A.W., and Broome, C.V.: Prevalence of antibodies to *Legionella pneumophila* among workers exposed to a contaminated cooling tower. *Arch. Env. Hlth.* 40 (1985), 207 - 210
9. Dutka, B.J., and Walsh, K.: Incidence of *Legionella* organisms in selected Ontario (Canada) cities. *Science Total Environm.* 39 (1984), 237 - 249
10. Ernst, G., Leidinger, B.J.G., Natusch, K., Petzel, H.-K. und Scholl, G.: Kühlturn und Rauchgas-Entschwefelungsanlage des Modellkraftwerk des Völklingen. Eigenschaften des Mischschwadens aus Rauchgas und Kühlturnschwaden. VDI Verlag, Düsseldorf, 1986
11. Ernst, G., Wurz, D. et al.: Naturzug-Naßkühlturn des Kernkraftwerk des Philippsburg (Block I). Untersuchungen des Betriebsverhaltens, der Emission und der Schwadenausbreitung. VDI Verlag, Düsseldorf, 1983
12. Fliermans, C.B.: Autecology of *Legionella pneumophila*. *Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A* 255 (1983), 58 - 63
13. Fliermans, C.B., Cherry, W.B., Orrison, L.H., Smith, S.J., Tison, D.L., and Pope, D.H.: Ecological distribution of *Legionella pneumophila*. *Appl. Environ. Microbiol.* 41 (1981), 9 - 16
14. Fliermans, C.B., Cherry, W.B., Orrison, L.H., and Thacker, L.: Isolation of *Legionella pneumophila* from nonepidemic-related aquatic habitats. *Appl. Environ. Microbiol.* 37 (1979), 1239 - 1242
15. Fraser, D.W., Deubner, D.C., Hill, D.L., and Gilliam, D.K.: Nonpneumonic, short-incubation-period legionellosis (Pontiac fever) in men who cleaned a steam turbine condenser. *Science* 205 (1979), 690 - 691
16. Groothuis, D.G., Veenendall, 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
17. Hahn, T., Touganidou, D. und Botzenhart, K.: Wachstum von *Legionella pneumophila* in Abhängigkeit von der Eisenkonzentration in Warmwassersystemen und Kulturmedien. Vortrag Arbeitstagung DGHM, Mainz, Oktober 1986
18. Howland, E.B. und Pope, D.H.: Distribution and Seasonality of *Legionella pneumophila* on Cooling towers. *Curr. Microb.* 9 (1983), 319 - 324

19. Lema, M.W., Brown, A., and Chen, G.C.C.: Altered Rate of Synthesis of Specific Peptides in the Legionellae in Response to Growth Temperature. *Curr. Microbiol.* 12 (1985), 347 - 352
20. Morris, G.K., Patton, C.M., Feeley, J.C., Johnson, S.E., Gormann, G., Martin, W.T., Skaliy, P., Mallison, G.F., Politi, B.D., and Mackel, D.C.: Isolation of the Legionnaires' disease bacterium from environmental samples. *Ann. Intern. Med.* 90 (1979), 664 - 666
21. Orrison, L.H., Cherry, W.B., Tyndall, R.L., Fliermans, C.B., Gough, S.B., Lambert, M.A., McDougal, L.K., Bibb, W.F., and Brenner, D.J.: *Legionella oakridgensis*: Unusual new species isolated from cooling tower water. *Appl. Environ. Microbiol.* 45 (1983), 536 - 545
22. Outbreak of Legionellosis and a Community. Report of an Ad-hoc Committee. *Lancet* II (1986), 380 - 383
23. Rashed, K., Mason, A., Gibson, J., Francies, J., Fairfax, A., and Daggett, P.: Legionnaires' Disease in Stafford: Management of an Epidemic. *Lancet* I (1986), 197 - 199
24. Reeves, M.W., Pine, L., Hutner, S.H., George, J.R., and Harrell, W.K.: Metal requirements of *Legionella pneumophila*. *J. Clin. Microbiol.* 13 (1981), 688 - 695
25. Schofield, G.M., and Wright, A.E.: Survival of *Legionella pneumophila* in a model hot water distribution system. *J. Gen. Microbiol.* 130 (1984), 1751 - 1756
26. States, S.J., Conley, L.F., Ceraso, M., Stephenson, T.E., Wolford, R.S., Wadowsky, R.M., McNamara, A.M., and Yee, R.B.: Effects of Metals on *Legionella pneumophila* Growth in Drinking Water Plumbing Systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 50 (1985), 1149 - 1154
27. Stout, J.E., Yu, V.L., and Best, M.G.: Ecology of *Legionella pneumophila* within water distribution systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 49 (1985), 221- 228
28. Tison, D.L., Baross, J.A., and Seidler, R.J.: Legionella in aquatic habitats in the Mount St. Helens blast zone. *Curr. Microbiol.* 9 (1983), 345 - 348

29. Tison, D.L., Pope, D.H., Cherry, W.B., and Fliermans, C.B.: Growth on *Legionella pneumophila* in association with blue-green algae (cyanobacteria). *Appl. Environ. Microbiol.* 39 (1980), 456 - 459
30. Wadowsky, R.M., Wolford, R., McNamara, A.M., and 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
31. Wadowsky, R.M., and Yee, R.B.: Satellite growth of *Legionella pneumophila* with an environmental isolate of *Flavobacterium breve*. *Appl. Environ. Microbiol.* 46 (1983), 1447 - 1449
32. 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
33. Werner, H.-P., Baer, E., Dibelius, G., Dittrich, H., Ederhoff, A., Egler, W., Ernst, G., Roller, W. und Wurz, D.: 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

Umwelthygienische Aspekte der Kontrolle von Legionellosen

Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Regionalbüro für Europa, Copenhagen 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 sollte 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 (Lüftungssystemen) wurden bis jetzt noch nicht direkt mit dem Ausbruch von Legionellosen 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.
- Luftbefeuchter in Wohn- und Arbeitsräumen wurden mit dem Auftreten von Legionellosen 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.

*) Übersetzt aus: Environmental Aspects of the Control of Legionellosis. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Environmental Health, 14 (1986).

- Für Hochrisikobereiche in Krankenhäusern und vergleichbaren Institutionen/Gebäuden sollten immer Dampfbefeuchter benutzt werden.
- Luftwäscher wurden bis jetzt noch nicht mit dem Ausbruch von Legionellosen 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 Legionellosen durch Rückkühlwerke oder Wassersysteme besteht sollten die folgenden Maßnahmen getroffen werden:
 - (a) Entwässern des Systemes und mechanische Reinigung unter Vermeidung der Aerosolbildung. Reinigungsmaßnahmen sollten nur durch Personal ausgeführt werden, welches entsprechende Schutzmasken trägt. Die Reinigung sollte Filter und Ionenaustraucher 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 bekannten Epidemien beziehen. Da in der Epidemiologie der Legionellosen 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.

Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos

Einleitung

Seit einigen Jahren erst kennt man Legionellen, Bakterien, die als fakultativ humanpathogene Erreger schwere bronchopulmonale Erkrankungen des Menschen verursachen können. Epidemiologische Erhebungen der letzten 10 Jahre haben ergeben, daß keine Übertragung von Person zu Person stattfindet, sondern inhalativer Kontakt mit kontaminierten, feinst verteilten Flüssigkeits-Luftgemischen (Aerosole) zu den Erkrankungen führt. Die größte Aufmerksamkeit in der internationalen Diskussion erlangten das Geschehen 1976 in Philadelphia, USA, sowie die Epidemie im Frühjahr 1985 in Staffordshire, England. Die wenigen bisher vorliegenden epidemiologischen Erhebungen, die noch nicht verallgemeinerungsfähig sind, sagen aus, daß ein erheblicher Prozentsatz aller klinisch relevanten Lungenentzündungen durch Legionellen verursacht worden sind. Die Zahl der nicht erkannten Erkrankungen ist hoch.

Es handelt sich bei den Infektionen um 2 unterschiedlich schwere Verlaufformen. Zum einen um eine oft schwere Bronchopneumonie mit auch anderen Organmanifestationen, die ohne frühzeitige und gezielte Antibiotikatherapie eine hohe Letalität aufweist ("Legionärskrankheit"), zum anderen um eine hochfiebrige, nicht letal endende Erkrankung ohne Beteiligung der Lunge (Pontiac-Fieber).

Erkranken kann jeder; Risikopersonen sind jedoch Patienten in Intensivpflegestationen, wie besonders Transplantationsempfänger, Patienten mit anderen Beeinträchtigungen des körpereigenen Abwehrsystems, auch mit Tumoren, aber auch Diabetiker und Personen mit chronischen Vorschädigungen des respiratorischen Systemes wie Raucher. Das Erkrankungsrisiko ist alters- und geschlechtsabhängig (ab etwa dem 50. Lebensjahr deutlich erhöht, Männer erkranken häufiger als Frauen).

Spezielle Hygienetechnik

Legionellen sind natürlicher Bestandteil der Mikroflora des Wassers; sie werden in einer Vielzahl von Wässern nachgewiesen. Damit können sie jederzeit in wasserführende technische Systeme wie - Warmwasserinstallation, einschließlich Warmwasserbereiter, - Warmsprudelbecken (whirl pools), sowie - offene und halboffene Rückkühlwerke von technischen Anlagen (z.B. Kompressoren, Dampferzeuger, raumluftechnische Anlagen) gelangen. Mit steigender Temperatur des Wassers nimmt bis etwa 45 °C ihre Vermehrungsrate zu, ab etwa 55°C sinkt die Nachweishäufigkeit der Keime deutlich ab. Als besonders risikoreich muß die Kombination von Temperaturen zwischen 30 und 50°C mit langen Verweilzeiten angesehen werden. Als epidemiologisch wichtigste Spezies ist Legionella pneumophila zu bezeichnen.

Die für den Menschen infektiöse Dosis ist bislang nicht bekannt. Aus Literaturberichten ist jedoch ersichtlich, daß bereits kurzfristige Exposition von Gesunden mit kontaminierten Aerosolen für die Entstehung der Legionärskrankheit, z.T. mit Todesfolge, ausreichend waren. Offenbar haben die verschiedenen Legionella-Stämme auch eine unterschiedliche Virulenz. Ziel der Präventionsmaßnahmen muß daher sein, den Legionellen keine günstigen Bedingungen für eine Vermehrung zu bieten.

1. Trinkwasserversorgung

Trinkwasser, auch wenn es den mikrobiologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung-TrinkwV- entspricht, enthält geringe Konzentrationen von Keimen, worunter auch Legionellen sein können. Hygienisch bedenklich ist nur eine Vermehrung, die z.B. erst innerhalb von Gebäuden bei Erwärmung und Stagnation des Trinkwassers entsteht und wenn dieses Wasser zu Zwecken verwendet wird, bei denen ein lungengängiges Aerosol (z.B. Duschen, Badewannen in Form von whirl pools) gebildet wird. Die technische Entwicklung sollte diesen Faktoren Rechnung tragen. Grundsätzlich ist daher anzustreben, Warmwassersysteme so zu errichten und zu betreiben, daß eine relevante Legionellenvermehrung nicht erfolgt. Diesem Ziel können beispielhaft folgende Maßnahmen dienen:

- Erwärmung des Wassers auf 60°C
- Einsatz von dezentralen Durchlauferhitzern ohne Speicherung
- regelmäßige Reinigung von zentralen Trinkwassererwärmern (Speicher)
- selbsttätig sich entleerende Duschschläuche und -köpfe
- absperren nicht benutzter Leitungsteile und Anschlüsse.

Diese Grundsätze und Maßnahmen sind bei der Erstellung von technischen Regeln zu beachten.

2. Warmsprudelbecken (whirl pools)

Warmsprudelbecken müssen entsprechend den Festlegungen der

- Norm "Aufbereitung und Desinfektion von Wasser für Warmsprudelbecken" (z.Zt. als Vornorm DIN 19 644) ausgeführt und gewartet werden;
- in Abweichung von der Vornorm muß vorerst der Betrieb jedoch, vornehmlich aus anderen hygienischen Gründen, bei 0,7 bis 1,0 mg/l freiem Chlor im Beckenwasser erfolgen.

3. Raumlufttechnische Anlagen

Bei raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) stellen Befeuchtungsaggregate (außer Dampfbefeuchtern), sowie Tropfenabscheider und Kühlregister ein Risiko dar. Daher

- sind die Festlegungen der DIN 1946 einzuhalten,
- ist zu prüfen, ob Einrichtungen zur Luftbefeuchtung notwendig sind; in solchen Fällen ist die Dampfbefeuchtung zu bevorzugen, andernfalls sind Filter der Klasse EU 7 nachzuschalten,
- sind die Anlagen technisch so auszurüsten, daß in kurzen Zeitabständen die Befeuchtungsaggregate (außer Dampfbefeuchtern), die Kühlregister und die Tropfenabscheider problemlos gereinigt werden können; nach Betriebspausen ist vor Wiederinbetriebnahme eine gründliche Reinigung der genannten Aggregate unverzichtbar,
- ist das Ansaugen von Aerosolen aus den Rückkühlwerken in die Luft von RLT-Anlagen auszuschließen,
- sind offene und halboffene Rückkühlwerke so anzuordnen, daß ein Aerosoleintrag in Räume mit Personenaufenthalt sowie die direkte Immission in Straßenniveau verhindert ist.

Eine laufende Zugabe von Bioziden ist aus humantoxikologischen Gründen (z.B. Sensibilisierung) bei Eintrag der Luft in Innenräume unerwünscht.

Desinfektionsmaßnahmen

Wenn der Verdacht auf Erregerübertragung durch ein System gegeben ist, muß dieses sofort außer Betrieb gesetzt und desinfiziert werden.

Bei Warmwasser ist aus umwelthygienischen Gründen eine thermische Desinfektion vorzuziehen (mindestens 70°C an den geöffneten Auslässen).

Bei Warmsprudelbecken wird dies einen Betrieb mit freien Chlorkonzentrationen von größer als 1 mg/l in der gesamten Anlage bedeuten.

Einzelne Bauelemente von RLT-Anlagen, insbesondere Rückkühlwerke, Umlaufsprühbefeuchter, Tropfenabscheider und Kühlregister sind nach deren Entleerung (Aerosolbildung vermeiden!) mit geprüften Flächendesinfektionsmitteln

gemäß Liste des BGA zu desinfizieren. Da diese Mittel noch nicht gemäß den dort standardisierten Richtlinien speziell auf die Wirksamkeit gegen Legionellen geprüft worden sind und da bei den infrage kommenden Anlagenteilen u.a. mit Inkrustierungen zu rechnen ist, sind u. U. höhere Konzentrationen als in der Liste aufgeführt, einzusetzen.

Die Wirksamkeit der durchgeführten Desinfektionsmaßnahmen ist durch Kontrolluntersuchungen zu überprüfen; dabei sollten im Liter Wasser keine Legionellen nachweisbar sein.

Wenn Desinfektionsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, sind arbeitsmedizinische Schutzmaßnahmen zu beachten; z.B. dürfen in diesen Fällen Hochdruck-Reinigungsgeräte nur mit Atemschutzvorrichtungen verwendet werden.

Schlußbemerkungen

Da sich die bisherigen Ausbrüche vorwiegend in Hotels und Krankenhäusern ereigneten, sind diese vorrangig zu sanieren bzw. bei Neubauten entsprechend auszustatten.

Mit dem Vorkommen von Legionellen ist in allen entsprechend warmen Feuchtbereichen sowohl in der Natur als auch in technischen Systemen zu rechnen. Bekämpfungsmaßnahmen mit dem Ziel einer völligen Entfernung von Legionellen sind daher als unrealistisch anzusehen. Die vorliegenden Empfehlungen, die mit der "Trinkwasserkommission" und der Kommission "Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebeckenwasser" des Bundesgesundheitsamtes abgestimmt worden sind, sollen auf eine drastische Reduzierung des Vorkommens von Legionellen in technischen Systemen und damit auf eine Verminderung des Infektionsrisikos abstellen.

Erarbeitet von: H. ALTHAUS (Gelsenkirchen), H. BÖSENBERG (Münster), H.-J. BORNEFF (Mainz), K. BOTZENHART (Tübingen), A. GROHMANN (Berlin), K.-O. GUNDERMANN (Kiel), U. HÄSSELBARTH (Berlin), V. HINGST (Heidelberg), H.G. MOLL (Berlin), G. VON NIEDING (Berlin), Elke ROSSKAMP (Berlin), H. RÜDEN (Berlin), R. SCHUBERT (Frankfurt/M.), W. SCHUMACHER (Überlingen), Edith SEEBER (Berlin), K. SEIDEL (Berlin), H. SONNTAG (Heidelberg), W. STEUER (Stuttgart), J. WEGNER (Berlin), H.P. WERNER (Mainz), K. WICHMANN (Berlin).

Autorenverzeichnis

Canzler, B., Dipl.-Ing.
Canzler Ingenieure GmbH
Viehgasse 10, 4330 Mühlheim/Ruhr

Ehret, H., Dr. med.
Max-von-Pettenkofer-Institut für Hygiene und
Medizinische Mikrobiologie der Universität München,
Abt. f. Med. Mikrobiologie im Klinikum Großhadern
Postfach, 8000 München 70

Exner, M., Priv. Doz. Dr. med.
Gesundheitsamt der Stadt Köln
Neumarkt 15 - 21, 5000 Köln 1

Fehrenbach, F.J., Prof. Dr. med.
Robert-Koch-Institut des BGA
Nordufer 20, 1000 Berlin 65

Grothe, H., Dr. med.
Medizinische Klinik und Poliklinik im Klinikum
Steglitz der Freien Universität Berlin
Hindenburgdamm 30, 1000 Berlin 45

Horbach, Ingeborg, Dr. med.
Robert-Koch-Institut des BGA
Nordufer 20, 1000 Berlin 65

Kemmerich, B., Dr. med.
Medizinische Klinik und Poliklinik im Klinikum
Steglitz der Freien Universität Berlin
Hindenburgdamm 30, 1000 Berlin 45

Kohnke, H.-J., Dipl.-Ing.
Stiebel Eltron GmbH & Co. KG
Postfach, 4350 Holzminden 1

Lode, H., Prof. Dr. med.
Medizinische Klinik und Poliklinik im Klinikum
Steglitz der Freien Universität Berlin
Hindenburgdamm 30, 1000 Berlin 45

Pohle, H.D., Prof. Dr. med.
II. Medizinische Klinik,
Rudolf-Virchow-Krankenhaus
Augustenburger Platz 1, 1000 Berlin 65

Rödder, Martina
Hygiene-Institut der Universität Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25, 5300 Bonn

Ruckdeschel, G., Prof. Dr. med.
Max-von-Pettenkofer-Institut für Hygiene und
Medizinische Mikrobiologie der Universität München,
Abt. f. Medizinische Mikrobiologie im Klinikum Großhadern
Postfach, 8000 München 70

Ruf, B., Dr. med.
II. Medizinische Klinik,
Rudolf-Virchow-Krankenhaus
Augustenburger Platz 1, 1000 Berlin 65

Schäfer, H., Dr. med.
Medizinische Klinik und Poliklinik im Klinikum
Steglitz der Freien Universität Berlin
Hindenburgdamm 30, 1000 Berlin 45

Schmidt, P., Dr. Ing.
Weiss Klimatechnik GmbH
6301 Reiskirchen 3 (Lindenstruth)

Schürmann, D., Dr. med.
II. Medizinische Klinik,
Rudolf-Virchow-Krankenhaus
Augustenburger Platz 1, 1000 Berlin 65

Schulze-Röbbecke, R., Dr. med.
Hygiene-Institut der Universität Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25, 5300 Bonn

Schumacher, W., Min. Rat. a.D., Dr. med.
Rosenhaag 4, 7770 Überlingen

Stanwell-Smith, Rosalind, Dr. med.
Bristol and Weston Health Anthority
District Headquarters,
10 Marlborough Street, GB-Bristol BS1 3NP

Trouwborst, T., Dr. med.
Ministerie van Volkshuisvesting
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiene
Doktor v.d. Stamstraat 2, NL-2260 MB Leidschendam

Werner, H.-P., Prof. Dr. med.
Hygiene-Institut der Johannes-Gutenberg-
Universität Mainz
Hochhaus am Augustusplatz, 6500 Mainz

**Im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes
Corrensplatz 1, 1000 Berlin 33 tätige Autoren:**

Grohmann, Andreas, Prof. Dr. rer. nat.
Roßkamp, Elke, Dr. rer. nat.
Seidel, Karsten, Dr. rer. nat.
Wegner, Jürgen, Dr. Ing.
Wichmann, Klaus, Dipl. Ing.

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	7,00 DM
Nr.3:	Kisker: Die Überwachung der Grundstücks-kläranlagen	0,50 DM
Nr.4:	Kolkwitz: Ökologie der Saproben	5,00 DM
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 Fischnärtiere	
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 (Topfsammelverfahren)	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 Staubniederschlägen	11,60 DM
Nr. 30:	Meteorologie und Lufthygiene	19,80 DM
Nr. 31*:	Die Desinfektion von Trinkwasser	
Nr. 32:	Rattenbiologie und Rattenbekämpfung	29,40 DM
Nr. 33:	Beiträge aus dem Gebiet der Umwelthygiene . .	30,80 DM

Nr. 34:	Gewässer und Pestizide. 1. Fachgespräch	15,20 DM
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	27,40 DM
Nr. 38:	Umweltschutz und öffentlicher Gesundheitsdienst	34,60 DM
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
	Mitglieder:	17,75 DM
Nr. 49:	Lahmann/Prescher: Luftverunreinigungen in der Umgebung von Flughäfen	33,50 DM
	Mitglieder:	16,75 DM
Nr. 50:	Oetting: Hydrogeochemische Laboruntersuchungen an Bergmaterialien und einer Hochofenschlacke	43,20 DM
	Mitglieder:	21,60 DM
Nr. 51:	Gewässer und Pflanzenbehandlungsmittel IV 4. Fachgespräch	28,50 DM
	Mitglieder:	14,25 DM
Nr. 52:	Aktuelle Fragen der Umwelthygiene	65,00 DM
	Mitglieder:	32,50 DM

Nr. 53:	Luftqualität in Innenräumen	69,50 DM
Nr. 54:	Limnologische Beurteilungsgrundlagen der Was- sergüte (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	36,00 DM
Nr. 58:	Schwimmbadhygiene II	33,00 DM
Nr. 59:	Lufthygiene 1984	48,00 DM
Nr. 60:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt I	58,00 DM
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	58,00 DM
Nr. 69:	Smogepisoden	58,00 DM
Nr. 70:	Atri: Chlorierte Kohlenwasserstoffe in der Umwelt IV	76,00 DM
Nr. 71:	Haaranalyse in 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

Die genannten Veröffentlichungen können beim Gustav Fischer Verlag,
Postfach 72 01 43, D-7000 Stuttgart 70, bestellt werden.

Mit * gekennzeichnete Nummern sind vergriffen.

Vereinsmitglieder können die Veröffentlichungen beim Verein zu Vorzugspreisen erwerben.

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 an den Geschäftsführer, Herrn Dipl.-Ing. H. Schönberg, Telefon (030) 8 66 23 42 (Anschrift: Verein für Wasser-, Boden- und Lufthygiene E.V., Corrensplatz 1, D-1000 Berlin 33).

ISBN 3-437-30552-2