

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Hygiene
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Helge Karch -

**Untersuchungen über
das Vorkommen von Legionellen
in Warmwassersystemen
von Ein- und Zweifamilienhäusern**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Margarita Harmuth, geb. Herrmann
aus Aktjubinsk/Kasachstan

2006

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Heribert Jürgens

1. Berichterstatter: Prof. Dr. rer. nat. Werner Mathys

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Klaus Fegeler

Tag der mündlichen Prüfung: 04.04.2006

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Hygiene
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Helge Karch -

Referent: Prof. Dr. rer. nat. Werner Mathys
Koreferent: Prof. Dr. med. Klaus Fegeler

Zusammenfassung

Untersuchungen über das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern

Harmuth, Margarita

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern zu untersuchen. Es wurden nur Häuser mit zentraler Warmwasseraufbereitung untersucht.

Zur Wasserprobenentnahme wurden insgesamt 200 Ein- und Zweifamilienhaushalte in der Stadt Bielefeld aufgesucht. In den Wasserproben von 38 Haushalten wurden Legionellen gefunden. Das entspricht einem Anteil von 19%. Die gefundenen Konzentrationen lagen zwischen 1 KBE/100 ml und 9200 KBE/100 ml. 74% der positiven Proben enthielten Legionellen der Serogruppe 1, 18% enthielten Legionellen der Serogruppen 2-14 und 8% der Proben enthielten Legionella species.

Es zeigte sich, dass der Anteil der Proben mit Legionellen bei steigender Proben temperatur sinkt und bei Warmwasserspeichern mit kleinen Volumina kleiner ist als bei Warmwasserspeichern mit großen Volumina.

Gezielt beschäftigt sich die vorliegende Untersuchung mit Häusern, deren Warmwasseraufbereitung mit Hilfe von Solaranlagen oder Fern- bzw. Nahwärme erfolgt. Die Vermutung, dass Legionellen bevorzugt in Haushalten mit solarer Wassererwärmung auftreten, lässt sich durch die Untersuchung nicht bestätigen.

Ein uneinheitliches Ergebnis bringt die Auswertung der Proben aus den Siedlungen, die an ein Nah- bzw. Fernwärmenetz angeschlossen waren. Während in der Siedlung, die an das Nahwärmenetz angeschlossen war, kein Legionellenbefall festzustellen war, war in der Siedlung, die an das Fernwärmenetz angeschlossen war, mehr als jeder zweite Haushalt von einem Legionellenbefall betroffen.

Tag der mündlichen Prüfung: 04.04.2006

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Morphologie und Kultur	2
1.3	Vorkommen.....	2
1.4	Epidemiologie	3
1.5	Klinik	4
1.6	Diagnose.....	6
1.7	Therapie.....	7
1.8	Prävention.....	7
1.9	Zielsetzung der vorliegenden Arbeit.....	9
2	Material und Methode.....	11
2.1	Untersuchungsgebiet	11
2.2	Probenentnahme.....	12
2.3	Probenverarbeitung.....	12
2.3.1	Zusammensetzung des Legionella-M.W.Y.-Selektivagars	13
2.3.2	Herstellung des Säurepuffers	13
2.4	Probenuntersuchung.....	14
2.4.1	Zusammensetzung des Columbia Blutagars	15
2.4.2	Zusammensetzung des Legionella-B.C.Y.E.- α -Agars.....	15
3	Ergebnisse	16
3.1	Fragebogen.....	16
3.2	Auswertung der Fragebögen – Stammdaten	18
3.3	Auswertung der Fragebögen – Messdaten	27
3.4	Zusammenfassungen.....	33
3.5	Auswertung der Proben mit positivem Legionellenbefund	41
4	Diskussion.....	42
	Literaturverzeichnis	51
	Danksagung	60

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Im Sommer 1976 erkrankten nach einer Tagung der „American Legion“, des Veteranenverbandes der USA, im Bellevue-Stratford Hotel in Philadelphia von den mehr als 4000 Teilnehmern ca. 200 Menschen an einer schweren Lungenentzündung, wobei 29 Menschen trotz Antibiotikatherapie verstarben. Erst ein halbes Jahr nach dem Ausbruch gelang es Dr. Joseph McDade, einem Mitarbeiter des Center of Disease Control (CDC), ein Bakterium aus dem Lungengewebe verstorbener Patienten zu isolieren [1]. Dieses bis dato unbekanntes Bakterium wurde 1979 vom CDC offiziell als *Legionella pneumophila* bezeichnet, und die Erkrankung wurde „Legionärskrankheit“ genannt [1]. Retrospektiv konnten McDade und seine Mitarbeiter feststellen, dass die erste Legionellenkultur bereits 1947 isoliert, jedoch nicht weiter analysiert worden ist, und dass der Erreger schon in früheren Jahren zu Epidemien geführt hat. Die erste gesicherte Legionellenepidemie trat demnach 1965 bei Patienten und Mitarbeitern des St. Elisabeth-Krankenhauses in Washington auf. Darüber hinaus trat 1968 bei 144 Patienten in Pontiac, Michigan, eine fiebrige Erkrankung des oberen Respirationstraktes ohne Pneumonie auf, die als legionelleninduziert gesichert werden konnte und heute als „Pontiac-Fieber“ bezeichnet wird [1] [25]. Seitdem wurde von Ausbrüchen der Legionärskrankheit aus der ganzen Welt berichtet.

In der folgenden Tabelle sind einige Beispiele aus der letzten Zeit aufgeführt:

Zeitpunkt	Ort	Erkrankte	davon tödlich	Infektionsquelle
März 1999	Bovenkarspel, Niederlande	192	21	Ausstellungswirlpool bei einer Blumenshow
November 1999	Kapellen, Belgien	80	4	Ausstellungswirlpool auf einer Handelsmesse
April 2000	Melbourne, Australien	101	2	Rückkühlwerke eines neu gebauten Aquariums
November 2000 - Juli 2001	Paris, Frankreich	12	5	Warmwassersystem im Pompidou-Krankenhaus
Juli 2001	Murcia, Spanien	700	2	Rückkühlwerk im Innenstadtbereich

1.2 Morphologie und Kultur

Legionellen sind obligat aerobe, gramnegative, pleomorphe, stäbchenförmige, nicht Sporen bildende Bakterien von 0,3 – 0,9 µm Durchmesser und einer Länge von 2 – 20 µm. Sie besitzen eine monopolare Begeißelung und sind somit in flüssigem Milieu beweglich.

Legionellen sind nicht säurefest. Da sie Zucker, Urease und Nitrat nicht verwerten können, wachsen Legionellen nicht auf normalen Nährböden. Zum Wachstum benötigen sie L-Cystein und Eisen-III-Salze oder Hämoglobin. Im diagnostischen Laboratorium werden sie auf gepuffertem Charcoal-Yeast-Extract-Agar (BCYE) mit α -Ketoglutarat-Zusatz, evtl. mit Antibiotikazusatz, in einer 2- bis 5-prozentigen CO₂-Atmosphäre gezüchtet [47].

Legionellen gehören zur Familie der Legionellaceae, Genus Legionella. Mittlerweile sind mehr als 44 Legionella-Arten und 60 Serogruppen bekannt geworden. Die für Erkrankungen des Menschen bedeutsamste Art ist *Legionella pneumophila*, die einen Anteil von etwa 90% aufweist. Sie enthält 14 Serogruppen [47].

1.3 Vorkommen

Legionellen sind ubiquitäre Keime, deren natürlicher Lebensraum warmes Wasser ist. In der Natur konnten Legionellen in Seen, Teichen, Flüssen, warmen Quellen und tropischen Regenwässern nachgewiesen werden, aber auch in Schlamm- und Sandböden von Flüssen [47] sowie in Bodenproben [25][50] wurden Legionellen gefunden. Im Salzwasser sind sie bisher noch nicht nachgewiesen worden.

Legionellen können mit anderen Mikroorganismen vergesellschaftet auftreten. Von Flavo-Bakterien ist zum Beispiel bekannt, dass sie Wandungen zuerst besiedeln und dadurch Legionellen einen günstigen Haftboden bereiten [72]. Auch können Legionellen Amöben, die im Boden und im Wasser vorkommen, infizieren und sich darin vermehren. Dabei werden die Legionellen von den Amöben eingekapselt und von ihnen nach Abschluss der intrazellulären Vermehrung

wieder freigesetzt [69]. Somit werden die Legionellen von den Amöben geschützt, so dass auch widrige Lebensumstände überstanden werden können. Die Virulenz von Legionellen könnte sogar durch die Replikation in Amöben gesteigert werden [12].

Aus ihrem natürlichen Lebensraum gelangen Legionellen sporadisch in vom Menschen geschaffene künstliche Biotope, wo sie sich bei günstigen Bedingungen, bevorzugt im Temperaturbereich zwischen 30 °C und 45 °C, vermehren. So lässt es sich auch nicht vermeiden, dass Legionellen über die öffentlichen Wasserversorgungsnetze in Warmwassersysteme mit für die Vermehrung günstigen Temperaturen eingespeist werden, wo sie sich dann stark vermehren und so zu einer Gefahr für exponierte Personen werden. Abgesehen von Warmwassersystemen in Gebäuden sind im Besonderen Rückkühlwerke von Klimaanlage („Cooling Towers“), Whirlpools und Aerosol produzierende Geräte wie z.B. Nebelerzeuger oder Luftbefeuchter als bedeutende Infektionsquellen durch Legionellen zu nennen.

1.4 Epidemiologie

Legionellen sind in die Spitzengruppe der bakteriellen Erreger schwerer Pneumonien einzureihen. Nach Untersuchungen von 105 außerhalb des Krankenhauses erworbenen Pneumonien durch Lode in Berlin war *Legionella pneumophila* nach Pneumokokken der zweithäufigste Pneumonieerregere [25].

Man nimmt an, dass in Deutschland jährlich 8000-9000 Erkrankungen auftreten und davon 1300 zum Tode führen. Von all diesen Infektionen sind bis zu 25% nosokomial, d.h. sie werden in Krankenhäusern erworben [33]. Dem gegenüber steht die ambulante Legionellose, die außerhalb des Krankenhauses erworben wird.

Prinzipiell können Legionellosen epidemisch oder sporadisch auftreten. Epidemische Verläufe werden auf Grund der Erkrankungs- und Letalitätsraten von der Öffentlichkeit viel intensiver wahrgenommen als die zwar wesentlich häufiger vorkommenden, jedoch meistens unerkannt bleibenden sporadisch auftretenden Legionellosen.

Legionelleninfektionen werden nach heutigem Kenntnisstand ausschließlich über exogene Infektionsquellen erworben [1][25]. Kontaktinfektionen über erkrankte Patienten wurden bisher nicht beobachtet [50], so dass besondere Isolierungs- und Schutzmaßnahmen bei der Pflege und Unterbringung von Legionelleninfizierten nicht notwendig sind. Die Infektion erfolgt in der Regel durch Inhalation bakterienhaltiger, lungengängiger Aerosole von unter 5 µm Durchmesser oder durch Aspiration von Wasser, welches mit Legionellen belastet ist [73][50]. Die Aufnahme kontaminierten Wassers in den Gastrointestinaltrakt scheint dagegen ungefährlich zu sein [1][25].

Von epidemiologischer Bedeutung ist die nur kurz anhaltende Immunität der Legionellosen, so dass Mehrfacherkrankungen mit dem gleichen Erreger zum Teil bereits nach vier Monaten beschrieben wurden [25].

1.5 Klinik

Die von *Legionella pneumophila* verursachte Legionellose hat zwei Verlaufsformen. Die als „Pontiac-Fieber“ bezeichnete Legionellose ist eine akute Erkrankung des Respirationstraktes, die nach einer Inkubationszeit von 1-2 Tagen mit hohem Fieber und katarrhalischen Symptomen beginnt. Neben einem allgemeinen Krankheitsgefühl mit Muskel- und Kopfschmerzen können Husten, Schmerzen im Brustkorb, Durchfall, Erbrechen, Halsschmerzen und Benommenheit hinzukommen, sind jedoch in der Regel nicht sehr ausgeprägt [25]. Röntgenologisch sind Lungenveränderungen nicht nachweisbar. Die Erkrankung bildet sich spontan innerhalb weniger Tage zurück. Todesfälle sind nicht bekannt.

Bei der als „Legionärskrankheit“ bezeichneten „pneumonischen“ Verlaufsform der Legionellose kommt es nach einer Inkubationszeit von 2-10 Tagen zu einer schweren, akuten Lungenentzündung mit eindrucksvollen klinischen Symptomen. In ihrer Schwere ist sie mit einer Pneumokokkenpneumonie vergleichbar. Neben einem allgemeinen Krankheitsgefühl, welches von Muskel- und Kopfschmerzen begleitet wird, kommt es zu einem raschen Fieberanstieg, manch-

mal bis auf 40°C, und die Erkrankung kann mit nicht produktivem Husten, Schmerzen im Brustkorb und Unterleib, Durchfall, Kurzatmigkeit und Konfusion einhergehen. Im Urin der Erkrankten sind Eiweiß und rote Blutkörperchen nachweisbar [59].

Unterschiedlich häufig werden auch Störungen anderer Organsysteme als Komplikation der Legionärskrankheit beobachtet.

Bei 40% der Patienten treten neurologische Komplikationen der Legionärskrankheit auf [33], wie zum Beispiel Orientierungs- und Kommunikationsstörungen, Enzephalitiden [54], periphere Neuropathien [47] sowie Hirnstamm- und cerebellare Dysfunktionen [1] oder Hirnabszesse [1]. Ebenfalls konnte eine Beteiligung des Herzens als Komplikation der Legionärskrankheit beobachtet werden, zum Beispiel in Form einer Myocarditis [4][28], Endocarditis [33][67], Pericarditis [33][61] oder auch eines Pericardergusses [20].

Neben einer renalen Beteiligung in Form von akuter Niereninsuffizienz [12], interstitieller Nephritis [30], mesangial proliferativer Glomerulonephritis [33] und Hämaturie [28] kann es im Zuge der Legionärskrankheit auch zu Colonabszessen [61] oder einer akuten Pankreatitis [47] kommen.

Auch über kutane Abszesse [1] und Wundinfektionen [15] wird in der Literatur neben einer Vielzahl anderer Komplikationen berichtet.

Das Risiko, an der Legionellose zu erkranken, ist vor allem bei immunsupprimierten Personen (zum Beispiel nach Organtransplantationen), bei Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen sowie bei Patienten mit schweren Grunderkrankungen wie zum Beispiel Tumorerkrankungen, Herz- und Nierenerkrankungen, Infektionskrankheiten und Diabetes mellitus erhöht [10][16][44][56][60][61][71].

Ferner steigt das Erkrankungsrisiko generell mit dem Lebensalter [8][42][59].

Männer erkranken häufiger als Frauen, und Rauchen sowie Alkoholabusus führen ebenfalls zu einer besonderen Gefährdung [10][16][44][60][61][71].

1.6 Diagnose

Zum Standard der diagnostischen Labormaßnahmen gehört der kulturelle Nachweis auf speziellen Nährmedien. Als Untersuchungsmedium eignet sich im Besonderen bronchoalveoläre Lavageflüssigkeit [17], *Legionella* spp. können jedoch auch in einer validen Sputumprobe (insbesondere nach Hitze- oder Säurevorbehandlung) nachgewiesen werden [23].

Ferner kann die Diagnose durch einen mikroskopischen Nachweis des Erregers im Nativmaterial (zum Beispiel Tracheal- oder Bronchialsekret) erfolgen. In der Regel wird dieser Nachweis mittels des direkten Immunfluoreszenz-Tests (DFA) durchgeführt.

Sowohl der kulturelle als auch der direkte immunfluoreszenz-mikroskopische Erregernachweis zeichnen sich durch eine sehr hohe Spezifität (100%) aus. Die relative Sensitivität beider Methoden ist jedoch als eher gering einzustufen. Lindsay et al. ermittelten für die Sensitivität Werte von 42,8% bei der Kultur und 19% beim direkten Immunfluoreszenz-Test [40].

Eine weitere diagnostische Labormaßnahme ist der Nachweis von Antikörpern gegen Legionellen im Serum, wobei ein einmaliger Titer von 1:256 sowie ein vierfacher Titeranstieg auf 1:128 in zwei aufeinander folgenden Seren beweisend sind. Da jedoch Antikörper in der Regel erst ab der zweiten Krankheitswoche nachweisbar sind, ist der Nachweis im frühen Krankheitsstadium selten möglich [25].

Schließlich stellt der Antigennachweis im Urin, welcher mittels Radioimmunoassay, Enzymimmunoassay oder Latex-Agglutination durchgeführt wird, eine wichtige Nachweismethode der Pneumonie durch *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 dar. Andere Serogruppen und *Legionella* spp. werden allerdings nicht sicher erfasst [23]. Auf Grund einer sehr hohen Spezifität (100%) und Sensitivität (100%) im Enzymimmunoassay [40] beweist ein positives Ergebnis des Antigennachweises im Urin das Vorliegen einer Legionellen-Pneumonie, ein negatives Ergebnis des Tests kann jedoch diese nicht sicher ausschließen [23].

Neuerdings wird auch die Polymerasekettenreaktion (PCR) als Nachweismethode in der Legionellen-Diagnostik diskutiert. Laut Murdoch sowie Waterer et al. sind Nachweismethoden, die auf der Polymerasekettenreaktion basieren, zwar viel versprechend, jedoch noch nicht vollständig ausgereift [54][73].

1.7 Therapie

Bis vor kurzem wurde zur Therapie einer Legionellen-Pneumonie die Gabe von 2-4 g Erythromycin pro Tag über eine Dauer von 10-14 Tagen empfohlen. Bei besonders schweren Verläufen der Erkrankung wurde zusätzlich die Gabe von 600 mg Rifampicin pro Tag empfohlen. Wegen beobachteter Rezidive bei zu kurzer Therapiedauer, insbesondere bei immunsupprimierten Patienten, sollte bei schweren Verläufen eine Therapiedauer von drei Wochen nicht unterschritten werden [8][42][62].

Aktuelle Untersuchungen zur Therapie der Legionellen-Pneumonie konzentrieren sich vor allem auf die neuen Makrolide wie z.B. Clarithromycin, Roxithromycin und Azithromycin sowie Fluorchinolone wie z.B. Ciprofloxacin, Ofloxacin und Levofloxacin.

S. Ewig et al. [23] empfehlen bei leichten bis mittelschweren Pneumonien die orale Gabe der neuen Makrolide. Bei schweren Pneumonien, die eine Therapie auf der Intensivstation erforderlich machen, aber auch bei nosokomialen Legionellen-Pneumonien sowie bei Pneumonien von immunsupprimierten Patienten empfehlen sie die intravenöse Gabe von Fluorchinolonen.

Die Therapiedauer bei leichten bis mittelschweren Pneumonien sollte 10-14 Tage betragen, bei immunsupprimierten Patienten bzw. schweren Pneumonien sollte eine Therapiedauer von 21 Tagen eingehalten werden.

1.8 Prävention

Schon bei der Planung von Installationen sollte ein Augenmerk auf die Legionellenproblematik gerichtet werden.

Zur Gewährleistung der Zirkulation des Trinkwassers im Leitungsnetz sollten tote Abschnitte vermieden werden. Das Leitungsnetz sollte möglichst klein gehalten werden. Parallelläufe von Kalt- und Warmwasserrohren sollten auf Grund der zu befürchtenden Temperaturwechselwirkungen vermieden werden und/oder es sollte eine gute Isolation zwischen Kalt- und Warmwasserkreislauf vorhanden sein, so dass Kaltwassertemperaturen von weniger als 25 °C (besser noch 20 °C) sowie Warmwassertemperaturen von mehr als 60 °C im ganzen System erreicht werden können.

Vor Inbetriebnahme einer neuen Installation oder nach Arbeiten am Netz sollte das Leitungsnetz intensiv gespült werden. Nach einer längeren Periode des Nichtverwendens von Trinkwasser (z.B. in Ferienhäusern, leer stehenden Wohnungen, Hotels in Saisonbetrieb) sollte das ganze System komplett gespült werden, indem reichlich kaltes und warmes Wasser aus allen Hähnen abgelassen wird, wobei die Entstehung und das Einatmen von Aerosolen zu vermeiden ist [69]. Ferner sollte eine regelmäßige Wartung und Reinigung des zentralen Warmwasserspeichers erfolgen, um der Entstehung von Belägen und von Mikroflora vorzubeugen [25][51][59].

Prinzipiell wäre es im Hinblick auf die Legionellenproblematik wünschenswert, Warmwassertemperaturen von mindestens 55 °C (besser noch mindestens 60 °C) im gesamten System vorliegen zu haben. Dies jedoch führt zu einem erhöhten Energieverbrauch, was einerseits mit höheren Kosten für den Verbraucher und andererseits mit einer größeren Belastung für die Umwelt verbunden ist. Auch steigen mit einer derartigen Temperaturerhöhung das Risiko von Verbrühungen, die Abnutzung von nicht thermoresistenten Materialien und die Entstehung von Kalk. Um allen Aspekten Rechnung zu tragen, könnte jedoch eine regelmäßige, für einige Stunden anhaltende Temperaturerhöhung auf mindestens 55-60 °C angestrebt werden, um die Gefahr einer Legionellenvermehrung im Warmwasser zu minimieren.

Ganz besondere Vorsichtsmaßnahmen sollten für Hoch-Risiko-Patienten im Krankenhaus gelten, zum Beispiel nach einer Transplantation oder bei Immunsuppression. So ist es notwendig, diese Patienten strikt vor jeglichem Kontakt mit Leitungswasser abzuschirmen und bei allen Pflegemaßnahmen keimfreies Wasser zu verwenden.

1.9 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Zahlreiche Untersuchungen der letzten Jahre weltweit führten zu wichtigen Erkenntnissen über das Bakterium *Legionella pneumophila* und dessen Auswirkungen auf den Menschen. Die meisten dieser Untersuchungen konzentrieren sich jedoch auf große Gebäude wie z.B. Krankenhäuser, Hotels oder Hallenbäder, in denen große Mengen Warmwasser gespeichert werden und die über ein langes Leitungsnetz verfügen. Epidemiologische Erhebungen im häuslichen Bereich wurden dagegen bisher eher selten durchgeführt [12]. Dies mag daran liegen, dass kleinere Häuser mit positivem Legionellenbefund vergleichsweise niedrige Legionellenkonzentrationen aufweisen und mögliche Legionellosen dort sporadisch auftreten. Zudem werden diese oftmals von den behandelnden Ärzten nicht erkannt [20][34]. Beispielsweise zeigte eine Studie über ambulant erworbene Pneumonien in Ohio, dass lediglich 3% aller sporadisch auftretenden Legionellosen korrekt diagnostiziert worden sind [43]. Jedoch sind in Summe die meisten Erkrankungen sporadisch auftretende Einzelfälle, Ausbrüche machen dagegen einen geringeren Teil aller Erkrankungen aus [17].

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen ausschließlich von Ein- und Zweifamilienhäusern zu untersuchen. Zudem wurden nur Häuser mit zentraler Warmwasseraufbereitung untersucht. Häuser mit dezentraler Warmwasseraufbereitung in Form von Durchlauferhitzern und kleinen Wasserspeichern (z.B. in der Küche) sind in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt worden, da sie nicht anfällig für einen Legionellenbefall zu sein scheinen [34][45].

Ferner wurde besonderes Augenmerk auf Häuser gerichtet, in denen die Warmwasseraufbereitung durch eine Solaranlage unterstützt wird. Hier unterliegt die Warmwasseraufbereitung einer Wetterabhängigkeit dergestalt, dass in Phasen mit schwacher Sonneneinstrahlung (bei schlechtem Wetter und in den Wintermonaten) die Wassertemperatur in den Warmwasserspeichern abfällt. Die vorliegende Untersuchung geht der Fragestellung nach, ob auf Grund der Wetterabhängigkeit höhere Legionellenkonzentrationen im Warmwassersystem zu erwarten sind.

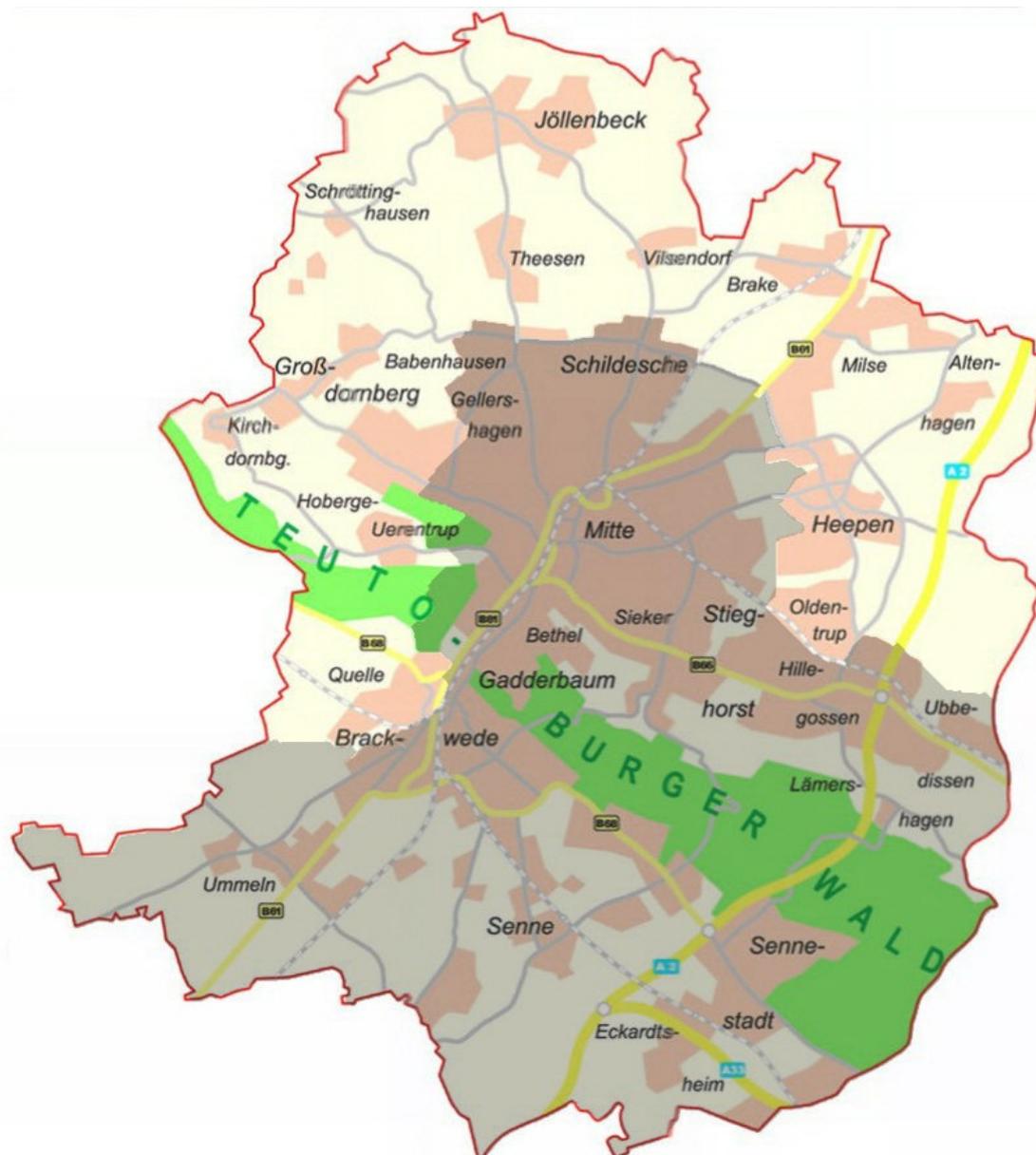
Des Weiteren beschäftigt sich diese Untersuchung gezielt mit zwei Gebieten in Bielefeld, deren Häuser mit Fernwärme bzw. Nahwärme versorgt werden. In Anbetracht dessen, dass keine Studien oder Literatur bezüglich des Zusammenhangs zwischen Fernwärme/Nahwärme und dem Auftreten von Legionellen gefunden werden konnten, erscheinen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung umso beachtlicher.

2 Material und Methode

2.1 Untersuchungsgebiet

Zur Probenentnahme wurden insgesamt 200 Ein- und Zweifamilienhaushalte in der Stadt Bielefeld aufgesucht. Alle Haushalte gehörten dem Versorgungssystem der Stadtwerke Bielefeld an und verfügten über eine zentrale Warmwasseraufbereitung.

In der Abbildung ist das Gebiet, in dem Proben entnommen wurden, hell dargestellt.



2.2 Probenentnahme

In jedem Haushalt wurden aus einem Wasserhahn ca. 125 ml Warmwasser entnommen und in ein steriles Entnahmegefäß gefüllt, wobei vorab ca. 5 Liter Wasser ablaufen gelassen wurden, um sicher zu stellen, dass das abgefüllte Wasser direkt dem Warmwasserspeicher entstammt und in seiner Temperatur unverfälscht ist. Die Entnahmetemperatur wurde dabei mit Hilfe eines digitalen Präzisionsthermometers¹ gemessen.

Von den 200 Haushalten verfügten über

Solaranlagen	48 Haushalte,
Fernwärme	57 Haushalte,
Nahwärme	24 Haushalte,
Wärmepumpe	2 Haushalte,

wobei 28 Haushalte über Kombinationen aus zwei der genannten Systeme verfügten.

97 Haushalte verfügten über keines der genannten Systeme.

2.3 Probenverarbeitung

Für den Direktansatz wurde zunächst jeder Probe 1 ml unter sterilen Bedingungen entnommen. Dieser wurde auf einen vorgetrockneten Legionella-M.W.Y.-Selektivagar ausgespatelt und nach vollständigem Trocknen unter einer sterilen Werkbank in einen Brutschrank gebracht.

Ferner wurden 100 ml derselben Probe mittels des Membranfilterverfahrens unter einer sterilen Werkbank filtriert. Dabei wurde zur Verminderung der Begleitflora der Membranfilter² fünf Minuten lang mit 20 ml eines Säurepuffers versetzt. Nach Absaugen des Säurepuffers und nach Spülung des Membranfilters mit 10 ml sterilem Leitungswasser wurde dieser möglichst luftblasenfrei ebenfalls auf einen vorgetrockneten Legionella-M.W.Y.-Selektivagar gelegt und in einen Brutschrank gebracht.

¹ Firma Ebro, Typ TFF 200

² Firma Millipore, Typ EZH AWG 474 (Whitegridded 0,45 µm 47 mm)

Sowohl der Direktansatz als auch die Membranfiltration wurden bei 36°C über einen Zeitraum von 10 Tagen bebrütet.

2.3.1 Zusammensetzung des Legionella-M.W.Y.-Selektivagars

Zusammensetzung pro Liter:

- Aktivkohle 2,0 g
- Hefeextrakt 10,0 g
- ACES-Puffer 10,0 g
- L-Cystein 0,4 g
- Eisen(III)-pyrophosphat 0,25 g
- α -Ketoglutarat 1,0 g
- Glycin 3,0 g
- Polymyxin B 50.000 IE
- Vancomycin 1 mg
- Anisomycin 80 mg
- Bromthymolblau 10 mg
- Bromkresolpurpur 10 mg
- Agar 16,0 g

2.3.2 Herstellung des Säurepuffers

Zur Herstellung des Säurepuffers werden zwei Lösungen benötigt:

- 0,2 mol/l Lösung HCl (Lösung A): 17,4 ml konz. HCL werden zu einem Liter Reinstwasser gegeben.
- 0,2 mol/l Lösung KCl (Lösung B): 14,9 g KCl werden in einen Liter destilliertes Wasser gegeben.

Der Säurepuffer setzt sich aus 3,9 ml Lösung A und 25 ml Lösung B zusammen. Der pH-Wert wird durch Zugabe von einmolarer Lösung Kaliumhydroxid (KOH) auf $2,2 \pm 0,2$ eingestellt.

2.4 Probenuntersuchung

Die bebrüteten Kulturplatten wurden in regelmäßigen Abständen auf das Vorhandensein von verdächtigen Legionellenkolonien unter einem Stereomikroskop untersucht. Verdächtige Legionellenkolonien werden nach ISO 11731 wie folgt beschrieben:

„Legionella-Kolonien sind häufig weiß-grau-blau-violett gefärbt, können aber auch braun, pink, hellgrün oder dunkelrot sein. Sie sind glatt mit einem scharfen Rand und zeigen eine charakteristische ‚Uhrglas‘-Erscheinung.“

Bei Verdacht wurden Legionellenkolonien gezählt und einerseits auf Blutagar und andererseits auf B.C.Y.E.- α -Agar überimpft.

Da Legionellen für ihr Wachstum auf Cystein angewiesen sind, konnte mittels Blutagar, welches ein cysteinfreies Medium ist, der bestehende Verdacht bei Nichtwachstum der isolierten Kolonie auf dem Blutagar bestätigt oder bei Wachstum widerlegt werden. Die Überimpfung von Kolonien auf B.C.Y.E.- α -Agar lieferte bei Wachstum einerseits einen erneuten Nachweis auf das Vorhandensein von Legionellen und andererseits die Möglichkeit der weiteren Differenzierung mittels Latex-Test.

Der Latex-Test basiert auf der Agglutination von mit Antikörpern beladenen blauen Latexpartikeln bei Anwesenheit spezifischer Legionellen-Zellwand-Antigene. Es konnte hierbei zwischen *Legionella pneumophila* Serogruppe 1, *Legionella pneumophila* Serogruppe 2-14 und *Legionella* spp. (*L. longbeachae* 1+2, *L. bozemani* 1+2, *L. dumoffii*, *L. gormanii*, *L. jordanis*, *L. micdadei*, *L. anisa*) differenziert werden. Bei jeder Testdurchführung wurde eine Positiv- und eine Negativ-Kontrolle mitgeführt.

2.4.1 Zusammensetzung des Columbia Blutagars

Zusammensetzung pro Liter:

- Spezialpepton 23,0 g
- Stärke 1,0 g
- Natriumchlorid 5,0 g
- Agar 14,0 g
- Schafblut 50 ml

2.4.2 Zusammensetzung des Legionella-B.C.Y.E.- α -Agars

Zusammensetzung pro Liter:

- Aktivkohle 2,0 g
- Hefeextrakt 10,0 g
- ACES-Puffer 10,0 g
- L-Cystein 0,4 g
- Eisen(III)-pyrophosphat 0,25 g
- α -Ketoglutarat 1,0 g
- Agar 17,0 g

3 Ergebnisse

3.1 Fragebogen

Den Auswertungen lag der folgende Fragebogen zu Grunde:

Fragenkatalog zur Untersuchung des Trinkwassers auf Legionellen in Ein- und Zweifamilienhäusern	
Universitätsklinikum Münster Institut für Hygiene; Robert-Koch-Str. 41 PD Dr. Werner Mathys	
Proben-Nr: Probenentnehmer:	
Datum: Entnahmezeit:	Name: Anschrift: Entnahmeort:
Angaben zur Probenentnahme: Um welche Art der Probe handelt es sich ? <input type="checkbox"/> Kaltwasser <input type="checkbox"/> Warmwasser Temperatur der Probe: _____ °C	
Angaben zum Installationssystem: Wann wurde das Haus gebaut ? Wie alt ist das Wasserleitungssystem ? Aus welchem Material besteht die Rohrleitung ? Ist eine Zirkulationsleitung vorhanden ? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Wird die Wasserzirkulation nachts unterbrochen ? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Wie ist die Art der Warmwasseraufbereitung ? <input type="checkbox"/> zentral <input type="checkbox"/> dezentral <input type="checkbox"/> _____ Hersteller des Warmwasserspeichers: Typbezeichnung des Warmwasserspeichers: Volumen des Wasserspeichers:	

Angaben zur Wassertemperatursteuerung:

Auf welche Temperatur ist der Speicher eingestellt ? _____ °C

Gilt diese Einstellung für das ganze Jahr ?

ja nein,

Wird die Temperatur in bestimmten Abständen automatisch oder manuell hochgefahren ?

ja automatisch

manuell

nein

Wenn ja, auf welche Temperatur wird das Wasser hochgefahren ? _____ °C

Welches Wasserwerk versorgt das Haus?

Bemerkungen:

3.2 Auswertung der Fragebögen – Stammdaten

Tabelle 1: Stammdaten aus den Fragebögen

Proben-Nr.	Entnahmort	Baujahr des Hauses	Baujahr des Wasserleitungssystems	Material der Rohrleitung	Zirkulationsleitung vorhanden	Unterbrechung der Wasserzirkulation nachts	Hersteller des Warmwasserspeichers	Volumen des Warmwasserspeichers in Litern	Temperaturreinstellung des Speichers	Temperaturreinstellung gilt für das ganze Jahr	Die Temperatur wird in bestimmten Abständen automatisch oder manuell hochgefahren	Wenn ja, auf welche Temperatur?	Fernwärme/Nahwärme	Solaranlage	Wärmepumpe	Speicher auf dem Dachboden
H 1	1.OG, Küche	1937	1937	Stahl	Ja	Ja	Viessmann	200	50	Ja	Nein					
H 3	2.OG, Bad	1970	1970	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	200	49	Ja	Nein					
H 5	1.OG, Bad	1991	1991	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	120	66	Ja	Nein					
H 6	1.OG, Küche	1901	1989	Kunststoff	Ja	Nein	Viessmann	200	55	Ja	automat.	> 60				
H 7	1.OG, Bad	1980	1980	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	200	55	Ja	Nein					
H 8	EG, Küche	1999	1999	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	120	53	Ja	automat.	60				
H 9	EG, Küche	1971	1971	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	160	55	Ja	Nein					
H 10	1.OG, Bad	1928	1928	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	160	60	Ja	Nein					
H 12	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann	160	52	Ja	Nein					

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 13	1.OG, Bad	1980	1980	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	160	50	Ja	Nein					
H 14	1.OG, Bad	1980	1980	Kupfer	Ja	Nein	Cosmocell	150	45	Ja	Nein					
H 15	1.OG, Bad	1990	1990	Kupfer	Ja	Nein	Elco Klöckner	275	46	Ja	Nein					
H 16	1.OG, Bad	1987	1987	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	160	50	Ja	Nein					
H 17	1.OG, Bad	1980	1980	Kupfer	Ja	Nein	Buderus	200	62	Ja	Nein					
H 18	1.OG, Bad	1977	1977	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann		70	Ja	Nein					
H 19	1.OG, Bad	1996	1996	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	200	59	Ja	automat.	80				
H 20	1.OG, Bad	1966	1966	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann		55	Ja	Nein					
H 21	1.OG, Bad	1976	1999	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann		40	Nein	Nein					
H 22	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann		60	Ja	Nein					
H 23	1.OG, Bad	1998	1998	Kunststoff	Ja	Ja	Rehberg	200	50	Ja	Nein					
H 24	1.OG, Bad	1964	1964	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann		50	Ja	Nein					
H 25	1.OG, Bad	1975	1975	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann	100	60	Ja	automat.	70				
H 26	1.OG, Bad	1982	1982		Ja	Ja				Ja	Nein					
H 27	EG, Küche	1998	1998	Kunststoff	Ja	Ja	Buderus	160	56	Ja	Nein					
H 28	1.OG, Bad	1975	1975	Kupfer	Ja	Ja	Wolf	150	50	Ja	Nein					
H 29	Keller	2001	2001	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann		55	Ja	Nein					Ja
H 31	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	60	Ja	Nein		Fern			
H 32	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Nein	Buderus	160	47	Ja	Nein					
H 33	EG, Küche	2001	2001	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann		55	Ja	Nein					Ja
H 34	EG, Küche	2001	2001	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann			Ja	Nein					Ja
H 35	Keller	2002	2002	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann		60	Nein	Nein					Ja
H 36	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Ja	Nein	Buderus		51	Ja	Nein					
H 37	1.OG, Bad	1999	1999	Kunststoff	Ja	Ja	Vaillant	120	59	Ja	Nein					
H 38	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja		Vaillant	150	60	Ja	Nein					
H 39	Keller	1998	1998	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	120	55	Ja	Nein					Ja

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 40	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	60	Ja	Nein		Fern			
H 41	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja							Fern			
H 42	Keller	2001	2001	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann		55	Nein	Nein					Ja
H 43	Keller	1983	1983	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	60	Ja	Nein		Fern			
H 44	EG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Ja	CTC	200	45	Ja	Nein		Fern			
H 45	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Stiebel Eltron	200		Ja	Nein		Fern			
H 47	1.OG, Bad	1985	1985	Kupfer	Ja	Ja	CTC	200	53	Ja	Nein		Fern			
H 48	1.OG, Bad	1985	1985	Kupfer	Ja	Ja	Ewers	200	55	Ja	Nein		Fern			
H 49	1.OG, Bad	1987	1987	Kupfer	Ja	Nein	Euroklima	200		Ja	Nein		Fern			
H 50	1.OG, Bad	1990	1990	Kupfer	Ja	Nein		200	44	Ja	Nein		Fern			
H 51	EG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Ewers	180	38	Ja	Nein		Fern			
H 52	1.OG, Bad	1986	1986	Kupfer	Ja	Nein	Stiebel Eltron	300		Ja	Nein		Fern			
H 53	EG, Küche	1997	1997	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	120	51	Ja						Ja
H 54	1.OG, Bad	1984	1984	Messing	Ja	Nein	Bauknecht	300	43	Ja	Nein		Fern			
H 55	2.OG, Toilette	1985	1985	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	46	Ja	Nein		Fern			
H 56	EG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Blomberg	300	45	Ja	Nein				WP	
H 57	EG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein		200	42	Ja	Nein		Fern			
H 58	EG, Küche	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	45-50	Ja	automat.		Fern			
H 59	1.OG, Bad	1985	1985	Kupfer	Ja	Ja	Nova	200	55	Nein	manuell	65	Fern			
H 60	EG, Küche	1987	1987		Ja	Nein	Stiebel Eltron	200	60	Ja	Nein		Fern			
H 61	EG, Küche	1999	1999	Kunststoff	Ja	Ja	Viessmann	450	50	Nein	automat.	>70		Solar		
H 62	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Ja	ECO	500	48	Nein	automat.	65	Fern	Solar		
H 63	EG, Küche	1997	1997	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	120	52	Nein						Ja
H 64	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Bauknecht	300	40	Ja	Nein				WP	
H 65	1.OG, Bad	1998	1998	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	200	57	Ja	Nein					
H 66	2.OG, Bad	1989	1989	Kupfer	Ja	Nein		150	50	Ja	manuell	70	Fern			

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 67	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	300	55	Ja	automat.	65		Solar		
H 68	2.OG, Bad	1998	1998	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann	100	52	Ja	Nein					
H 69	EG, Küche	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Junkers	300	50	Ja	Nein			Solar		Ja
H 70	EG, Küche	2001	2001	Kunststoff	Ja	Ja ¹⁾	Buderus	500	52	Ja	Nein			Solar		
H 71	EG, Küche	1998	1998	Kunststoff	Ja	Ja	Bindl	300	42	Ja	automat.			Solar		Ja
H 72	EG, Küche	1997	1997	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	120	50	Ja	manuell	90				Ja
H 73	1.OG, Bad	1999	1999	Kunststoff	Ja	Ja	Viessmann	200	50	Nein						
H 74	1.OG, Bad	1998	1998	Kupfer	Ja		Buderus	320	50	Ja				Solar		
H 75	1.OG, Bad	1999	1999	Kunststoff	Ja	Nein	ATAG	200	45	Ja	manuell	65		Solar		
H 76	Keller	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	300	55	Ja	Nein			Solar		Ja
H 77	EG, Toilette	2000	2000	Kupfer	Ja	Nein	De Dietrich	160	48	Ja	Nein					Ja
H 78	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	200	55	Ja	Nein					
H 80	1.OG, Bad	2001	2001	Kupfer	Ja	Ja	Buderus			Ja						
H 81	1.OG, Bad	2002	2002	Kunststoff	Ja	Nein	Buderus	300	50	Ja				Solar		
H 82	EG, Küche	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	200	50	Ja	automat.	90				
H 83	EG, Toilette	1999	1999	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	140	50	Ja	Nein					Ja
H 84	Keller	2001	2001	Kunststoff	Ja	Ja	Vaillant	150	50	Ja	manuell	70				Ja
H 85	EG, Küche	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Viessmann	300	53	Ja	automat.			Solar		Ja
H 86	EG, Küche	1999	1999	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	120	56		manuell	70				Ja
H 87	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Viessmann	500	60	Nein	automat.	85		Solar		
H 88	Keller	1999	1999	Kupfer	Ja		Vaillant	150	60	Ja						Ja
H 89	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Vaillant	200	53	Ja	automat.					
H 90	1.OG, Bad	2001	2001	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	300	60	Ja	automat.			Solar		
H 91	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Buderus	160	48	Ja	automat.					
H 92	1.OG, Bad	1999	1999	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	160		Nein	Nein					
H 93	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Schüco	290	55		automat.	70		Solar		

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 94	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	300	67	Ja	Nein			Solar		
H 95	1.OG, Bad	1992	1992	Kupfer	Ja	Nein	Vaillant	160		Ja	Nein					
H 98	EG, Küche	1992	1992	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	120	40-50	Ja	Nein					
H 99	1.OG, Bad	1997	1997	Kupfer	Ja	Nein	Vaillant	150	54	Ja	automat.	70				
H 100	1.OG, Bad	1994	1994	Kupfer	Ja	Nein	Vaillant	150	52	Ja	Nein					
H 101	1.OG, Bad	1992	1992	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	150	56	Ja	Nein					
H 102	EG, Küche	1999	1999	Kupfer	Ja	Nein	Buderus	160		Ja	Nein					
H 105	1.OG, Bad	1994	1994	Kupfer	Ja	Nein	Vaillant	115	50	Ja	Nein					
H 106	1.OG, Bad	1985	1985	Kupfer	Ja	Ja	CTC	200	50	Ja	Nein		Fern			
H 107	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein	Olsberg/Brilon	300	55	Ja	Nein	70				
H 108	EG, Küche	1986	1986	Kupfer	Ja	Ja	CTC	200	50	Ja	Nein		Fern			
H 109	EG, Küche	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	55	Ja	Nein		Fern			
H 110	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	200	50	Ja	Nein		Fern			
H 111	1.OG, Küche	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	200	50	Ja	Nein		Fern			
H 112	EG, Küche	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein		200	45	Ja	Nein		Fern			
H 113	EG, Küche	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein	Buderus	200	45	Ja	Nein		Fern			
H 114	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Nein	Tour & Andersson	200	50-60	Ja	Nein		Fern			
H 115	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Ja	Tour & Andersson	200	56	Ja	Nein		Fern			
H 116	1.OG, Bad	1984	1984	Eisen/Kupfer	Ja	Ja	Buderus	150	50	Ja	Nein		Fern			
H 117	1.OG, Bad	1987	1987	Kupfer	Ja	Ja	CTC	200	54	Ja	Nein		Fern			
H 118	1.OG, Bad	1985	1985	Kupfer	Ja	Nein	Fröling	200	42	Ja	Nein		Fern			
H 119	1.OG, Bad	1991	1991	Kupfer	Ja	Ja		200-300	46	Ja	Nein		Fern			
H 120	1.OG, Bad	1985	1985	Kupfer	Ja	Nein	CTC	200	40	Ja	Nein		Fern			
H 121	EG, Küche	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	47	Nein	Nein		Fern			
H 122	1.OG, Bad	1991	1991	Kupfer	Ja	Ja	Nau	400	55	Ja	Nein		Fern	Solar		
H 123	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	40	Ja	Nein		Fern			

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 124	EG, Küche	1985	1985	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	50	Ja	Nein		Fern			
H 125	1.OG, Bad	1988	1988	Kupfer	Ja	Nein		200-300	50	Ja	Nein		Fern			
H 126	EG, Küche	1991	1991	Kupfer	Ja	Nein	TA	200	50-60	Ja	automat.		Fern			
H 127	1.OG, Bad	1990	1990	Kupfer	Ja	Nein	CTC	200	60	Ja	Nein		Fern			
H 128	1.OG, Bad	1990	1990	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	62	Ja	Nein		Fern			
H 129	1.OG, Bad	1990	1990	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	48	Ja	Nein		Fern			
H 130	1.OG, Küche	1987	1987	Kupfer	Ja	Ja	CTC	200	55	Ja			Fern			
H 131	2.OG, Bad	1985	2001	Kupfer	Ja	Ja	Media	150	50	Ja	automat.	60	Fern			
H 132	1.OG, Küche	1987	1987	Kupfer	Ja	Nein	CTC	200	52	Ja	Nein		Fern			
H 133	2.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Viva	400	48	Nein	Nein		Fern	Solar		
H 134	1.OG, Bad	1992	1992	Kupfer	Ja	Nein		200-300	52	Ja	Nein		Fern			
H 135	EG, Küche	1986	1986	Eisen/Kupfer	Ja	Nein	Stiebel Eltron	400	60	Ja	Nein		Fern			
H 136	2.OG, Küche	1997	1997	Kupfer	Ja	Nein	Ewers	180	46	Ja	automat.		Fern			
H 137	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Ja	Nova	150	55	Ja	Nein		Fern			
H 138	1.OG, Bad	1996	1996	Kupfer	Ja	Nein	Pro solar	400	50	Ja	Nein		Fern	Solar		
H 139	1.OG, Bad	1987	1987	Kupfer	Ja	Ja	Siemens	290	46	Ja	Nein		Fern			
H 140	1.OG, Bad	1985	1985	Kupfer	Ja	Ja	CTC	200	40	Ja	Nein		Fern			
H 141	1.OG, Bad	1989	1989	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200		Ja	Nein		Fern			
H 142	1.OG, Bad	1983	1983	Kupfer	Ja	Nein	Nova	200	48	Ja	Nein		Fern			
H 143	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Brötje	120	64,5	Ja	Nein					
H 144	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Viessmann	200	55	Ja	Ja ²⁾					
H 145	1.OG, Bad	1984	1984	Kupfer	Ja	Ja	Nova	150	54	Ja	Nein		Fern			
H 146	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	200	56	Ja	Nein					
H 147	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Buderus	120	60	Ja	automat.	90				
H 148	1.OG, Bad	1995	1995	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	160	56	Ja	Nein					
H 149	1.OG, Bad	1995	1995	Kunststoff	Ja	Ja	Viessmann	120	55	Ja						

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 150	EG, Küche	1993	1993	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	150	55	Ja	Nein					
H 151	EG, Bad	1994	1994	Kupfer	Ja	Ja	Hermann	150	60	Ja	Nein					
H 152	1.OG, Bad	1994	1994	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	160	47	Ja	Nein					
H 153	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Nein	Vaillant	150	55	Ja	Nein					
H 154	1.OG, Bad	1994	1994	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	160	60	Ja	Nein					
H 155	1.OG, Bad	1994	1994	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	150	50	Nein	manuell	65				
H 156	2.OG, Bad	1994	1994	Kunststoff	Ja	Ja	Buderus	200	45	Ja	Nein					
H 158	1.OG, Bad	1994	1994	Kupfer	Ja	Ja	Vaillant	160		Nein	manuell					
H 160	1.OG, Bad	1995	1995	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	150	60	Ja	Nein					
H 161	Keller	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	300	59	Ja				Solar		Ja
H 162	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Viessmann	300	54	Ja	Nein			Solar		
H 163	EG, Toilette	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	100	42	Ja	Nein					
H 164	1.OG, Bad	1999	1999	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann	180	60	Ja						
H 165	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Viessmann	300	54	Ja	Nein					
H 166	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja		Buderus	300	70	Ja				Solar		
H 167	Keller	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	MAN	200	50	Ja	Nein					Ja
H 168	1.OG, Bad	1997	1997	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	200	56	Ja	Nein					
H 169	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Viessmann	120	50	Nein	manuell	60				
H 170	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Ja	Ja	Elco Klöckner	280	54	Nein	manuell	60		Solar		
H 171	1.OG, Bad	2002	2002	Kunststoff	Ja	Nein	Wesel	120	55	Nein	Nein					
H 172	EG, Küche	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Remeha	180	65	Ja	Nein					Ja
H 173	1.OG, Bad	1999	1999	Kunststoff	Ja	Ja	Vaillant	150	50-60	Ja	Nein					
H 174	EG, Küche	1999	1999	Kupfer	Ja	Nein	Vaillant	120	60	Ja	Nein					Ja
H 175	Keller	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Viessmann	120	55	Ja	Nein					Ja
H 176	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Nein		Schüco	200	62		Nein		Nah	Solar		
H 177	1.OG, Bad	2002	2002	Kunststoff	Nein		Schüco	200	54	Ja	Nein		Nah	Solar		

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 178	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Ja	Nein	Schüco	200	57		Nein		Nah	Solar		
H 179	1.OG, Bad	2002	2002	Kunststoff	Ja	Ja	Schüco	200	52	Ja	Nein		Nah	Solar		
H 180	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Ja	Ja	Schüco	200	55	Ja	Nein		Nah	Solar		
H 181	1.OG, Bad	2001	2001	Kupfer	Nein		Schüco	200	60	Ja	Nein		Nah	Solar		
H 182	1.OG, Bad	2002	2002	Kunststoff	Nein		Ar-con	200	55	Ja	automat.	60	Nah	Solar		
H 183	1.OG, Bad												Nah	Solar		
H 184	1.OG, Bad	2001	2001	Kupfer	Ja	Nein	Schüco	200	45	Nein	manuell	50	Nah	Solar		
H 185	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Nein		Viessmann	60	55	Nein	Nein		Nah	Solar		
H 186	1.OG, Bad	2002	2002		Nein	Nein	Schüco	200	55	Ja	Nein		Nah	Solar		
H 187	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Nein		Schüco	200	58	Ja	Nein		Nah	Solar		
H 188	EG, Küche	2001	2001	Kunststoff	Ja	Nein	Schüco	200		Ja	Nein		Nah	Solar		
H 189	EG, Küche	2001	2001	Kunststoff	Nein		Schüco	200	57	Ja	Nein		Nah	Solar		
H 190	EG, Küche	2001	2001	Kunststoff	Ja	Ja	Schüco	200	80		Nein		Nah	Solar		
H 191	1.OG, Bad	2000	2000	Kupfer	Nein		Ikarus Solar		60	Ja	automat.	90	Nah	Solar		
H 192	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Nein		Soltech		53	Nein	Nein		Nah	Solar		
H 193	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Nein		Viessmann	60	60	Nein	Nein		Nah	Solar		
H 194	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Nein		Soltech			Nein	Nein		Nah	Solar		
H 195	EG, Küche	2002	2002	Kunststoff	Ja		Schüco	200	50	Ja	Nein		Nah	Solar		
H 196	EG, Küche	2002	2002	Kunststoff	Ja	Nein	Schüco	200	50	Nein	Nein		Nah	Solar		
H 197	1.OG, Bad	2001	2001	Kunststoff	Nein		Produo		60	Nein	Nein		Nah	Solar		
H 198	EG, Küche	2000	2000	Kunststoff	Nein		Soltech		60	Nein	Nein		Nah	Solar		
H 199	Keller	1999	1999	Kunststoff	Ja	Ja	Junkers	120	55	Ja	Nein					Ja
H 200	EG, Küche	2001	2001	Kunststoff	Ja	Ja	Schüco	200	60	Ja	automat.	70-90	Nah	Solar		
H 201	1.OG, Bad	1999	1999	Kupfer	Ja	Nein	Wolf	150	41	Ja	Nein					
H 202	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Ja	Nau	400	57	Nein	Nein			Solar		
H 203	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Vaillant	150	45	Ja	Nein					

Nr.	Ort	Bj. Haus	Bj. Rohre	Material Rohr- leitung	Zirkul.	Unterbr.	Her- steller	Volumen in Litern	Tempe- ratur	ganzes Jahr	hoch- fahren	Wenn ja, Temp.	Fernw. Nahw.	Solar	Wärme- pumpe	Dachb.
H 204	EG, Toilette	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Oertli Rohleder		60	Nein	Nein					
H 205	EG, Küche	2002	2002	Kupfer	Ja	Nein	Viessmann	200	51	Nein	Nein					
H 206	1.OG, Bad	1999	1999	Kunststoff	Nein		Schüco	290		Nein	Nein			Solar		
H 207	EG, Toilette	1999	1999		Ja	Nein	Vaillant	300	60	Ja	Nein					Ja
H 208	Keller	1999	1999	Kunststoff	Ja	Ja	Junkers	130	50	Ja	Nein					Ja
H 209	1.OG, Bad	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Wolf	200	55	Ja	Nein					
H 210	Keller	2000	2000	Kunststoff	Ja	Nein	Junkers	160	60	Ja	Nein					Ja
H 211	1.OG, Bad	1991	1991	Kupfer	Ja	Ja	Buderus	150	50	Ja	Nein					
H 212	1.OG, Bad	1980	1980	Zink/Kupfer	Ja	Nein	Buderus	120	50	Ja	manuell	90				

Bemerkungen:

- 1) im Winter
- 2) nicht bekannt, ob automatisch oder manuell

3.3 Auswertung der Fragebögen – Messdaten

Tabelle 2: Messergebnisse

Proben-Nr.	Datum	Entnahmezeit	Temperatur der Probe in °C	Legionellen gefunden / nicht gefunden	KBE/100 ml 1. Probe	Serogruppe 1. Probe	Temperatur 2.Probe in °C	KBE/100 ml 2. Probe	Serogruppe 2. Probe	Bemerkungen
H 1	14.01.2003	16:35	49,5	Nein	0					
H 3	14.01.2003	17:45	49,4	Nein	0					
H 5	14.01.2003	18:45	66,0	Nein	0					
H 6	14.01.2003	19:00	50,5	Nein	0					
H 7	14.01.2003	21:30	50,3	Nein	0					
H 8	14.01.2003	21:45	49,5	Nein	0					
H 9	14.01.2003	22:00	53,8	Nein	0					
H 10	14.01.2003	22:15	57,8	Nein	0					
H 12	21.01.2003	11:00	49,3	Ja	400	1	49,2	100	1	
H 13	21.01.2003	11:15	48,5	Nein	0					
H 14	21.01.2003	11:40	44,0	Ja	700	1	47,4	400	1	
H 15	21.01.2003	12:05	52,6	Nein	0					
H 16	21.01.2003	12:40	57,6	Ja	12	1	56,3	300	1	
H 17	21.01.2003	13:05	55,7	Nein	0					
H 18	21.01.2003	15:05	40,0	Nein	0					
H 19	21.01.2003	15:30	61,1	Nein	0					
H 20	21.01.2003	15:50	48,1	Nein	0					
H 21	21.01.2003	16:20	40,6	Nein	0					
H 22	21.01.2003	16:55	50,0	Nein	0					
H 23	23.01.2003	11:15	55,8	Nein	0					
H 24	23.01.2003	11:40	47,3	Nein	0					
H 25	23.01.2003	11:30	53,3	Nein	0					
H 26	23.01.2003	12:40	28,0	Nein	0					1)
H 27	23.01.2003	14:50	53,7	Nein	0					
H 28	23.01.2003	12:00	50,6	Nein	0					
H 29	23.01.2003	15:10	51,0	Nein	0					
H 31	23.01.2003	16:15	51,1	Ja	3	1	59,2	700	1	
H 32	23.01.2003	18:00	47,8	Nein	0					
H 33	23.01.2003	18:15	57,3	Nein	0					
H 34	23.01.2003	18:30	54,4	Nein	0					

Proben-Nr.	Datum	Entnahmezeit	Temperatur der Probe in °C	Legionellen gefunden / nicht gefunden	KBE/100 ml 1. Probe	Serogruppe 1. Probe	Temperatur 2.Probe in °C	KBE/100 ml 2. Probe	Serogruppe 2. Probe	Bemerkungen
H 35	23.01.2003	18:50	51,5	Nein	0					
H 36	23.01.2003	19:00	47,8	Nein	0					
H 37	28.01.2003	08:15	61,5	Nein	0					
H 38	28.01.2003	09:30	59,8	Nein	0					
H 39	28.01.2003	09:00	48,5	Nein	0					
H 40	28.01.2003	10:00	64,0	Nein	0					
H 41	28.01.2003	11:15	50,6	Nein	0					
H 42	28.01.2003	09:10	50,6	Nein	0					
H 43	28.01.2003	10:20	57,3	Nein	0					
H 44	28.01.2003	10:35	46,1	Nein	0					
H 45	28.01.2003	11:30	55,7	Nein	0					
H 47	28.01.2003	12:15	54,3	Ja	800	1	52,9	300	1	
H 48	28.01.2003	15:15	46,2	Ja	100	1	35,7	43	1	
H 49	28.01.2003	17:00	44,7	Nein	0					
H 50	28.01.2003	16:35	46,2	Nein	0					
H 51	28.01.2003	15:30	41,3	Ja	900	1	34,6	600	1	
H 52	28.01.2003	15:50	66,2	Nein	0					
H 53	06.02.2003	15:55	49,9	Nein	0					
H 54	28.01.2003	16:00	45,2	Ja	2700	1	49,0	2700	1	
H 55	28.01.2003	16:15	42,4	Ja	3700	1	49,5	7300	1	
H 56	30.01.2003	10:05	44,1	Ja	7200	2-14	49,3	9200	2-14	
H 57	30.01.2003	12:00	44,3	Ja	2700	1	44,0	4600	1	
H 58	30.01.2003	10:40	47,1	Ja	900	1	49,0	21	1	
H 59	30.01.2003	10:15	45,7	Ja	2200	1	54,6	900	1	
H 60	30.01.2003	10:50	55,1	Nein	0					
H 61	06.02.2003	13:05	45,3	Nein	0					
H 62	30.01.2003	16:15	38,9	Ja	2500	1	40,3	400	1	
H 63	06.02.2003	15:25	47,2	Nein	0					
H 64	30.01.2003	16:40	41,8	Ja	100	2-14	42,9	1400	2-14	
H 65	06.02.2003	12:15	53,3	Nein	0					
H 66	30.01.2003	16:50	43,7	Ja	62	2-14	46,4	70	2-14	
H 67	06.02.2003	12:45	42,6	Nein	0					
H 68	06.02.2003	11:40	45,1	Nein	0					
H 69	06.02.2003	11:25	52,2	Nein	0					
H 70	06.02.2003	12:30	47,1	Nein	0					
H 71	06.02.2003	16:25	53,0	Nein	0					
H 72	06.02.2003	15:40	35,0	Ja	1300	2-14	42,4	12	2-14	
H 73	06.02.2003	16:18	45,2	Nein	0					
H 74	06.02.2003	17:00	43,7	Nein	0					
H 75	13.02.2003	15:05	45,3	Nein	0					
H 76	13.02.2003	15:15	47,4	Nein	0					

Proben-Nr.	Datum	Entnahmezeit	Temperatur der Probe in °C	Legionellen gefunden / nicht gefunden	KBE/100 ml 1. Probe	Serogruppe 1. Probe	Temperatur 2.Probe in °C	KBE/100 ml 2. Probe	Serogruppe 2. Probe	Bemerkungen
H 77	13.02.2003	17:20	44,3	Nein	0					
H 78	13.02.2003	17:25	47,0	Nein	0					
H 80	11.02.2003	11:10	54,5	Nein	0					
H 81	11.02.2003	12:55	51,6	Nein	0					
H 82	11.02.2003	11:30	44,2	Nein	0					
H 83	11.02.2003	11:45	48,1	Nein	0					
H 84	11.02.2003	12:10	61,5	Nein	0					
H 85	11.02.2003	13:00	47,1	Nein	0					
H 86	11.02.2003	12:35	53,6	Nein	0					
H 87	11.02.2003	15:30	50,2	Nein	0					
H 88	11.02.2003	15:20	55,8	Nein	0					
H 89	11.02.2003	18:30	47,1	Nein	0					
H 90	11.02.2003	19:30	54,8	Nein	0					
H 91	11.02.2003	18:45	57,4	Nein	0					
H 92	11.02.2003	16:00	44,7	Nein	0					
H 93	11.02.2003	19:15	53,9	Nein	0					
H 94	11.02.2003	18:53	48,2	Nein	0					
H 95	11.02.2003	16:25	56,3	Nein	0					
H 98	13.02.2003	17:45	54,1	Nein	0					
H 99	13.02.2003	16:40	60,5	Nein	0					
H 100	13.02.2003	18:30	52,9	Nein	0					
H 101	13.02.2003	18:00	50,9	Nein	0					
H 102	13.02.2003	18:15	45,4	Nein	0					
H 105	13.02.2003	18:50	57,4	Nein	0					
H 106	20.02.2003	17:45	32,3	Ja	43	2-14	40,3	31	2-14	
H 107	20.02.2003	16:55	62,7	Nein	0					
H 108	20.02.2003	16:40	48,8	Ja	900	1	53,9	1000	1	
H 109	20.02.2003	18:10	43,3	Ja	700	1	39,8	200	1	2)
H 110	20.02.2003	17:10	56,8	Ja	100	1	57,0	2	1	
H 111	20.02.2003	18:00	48,3	Ja	9	1	53,5	1800	1	
H 112	20.02.2003	17:15	37,9	Ja	1100	1	50,0	1900	1	
H 113	20.02.2003	18:20	43,2	Ja	1600	1	42,0	1800	1	
H 114	20.02.2003	18:30	54,4	Nein	0					
H 115	20.02.2003	18:40	51,7	Nein	0					
H 116	20.02.2003	18:55	49,7	Ja	32	1	51,1	17	1	
H 117	27.02.2003	15:40	47,9	Nein	0					
H 118	27.02.2003	16:10	44,9	Nein	0					
H 119	27.02.2003	16:50	43,5	Ja	800	L.s.	43,5	500	L.s.	
H 120	27.02.2003	15:55	41,8	Ja	200	1	42,3	200	1	
H 121	27.02.2003	18:00	46,6	Ja	1100	2-14	49,0	500	2-14	
H 122	27.02.2003	16:33	52,0	Nein	0					

Proben-Nr.	Datum	Entnahmezeit	Temperatur der Probe in °C	Legionellen gefunden / nicht gefunden	KBE/100 ml 1. Probe	Serogruppe 1. Probe	Temperatur 2.Probe in °C	KBE/100 ml 2. Probe	Serogruppe 2. Probe	Bemerkungen
H 123	27.02.2003	18:15	46,9	Ja	3600	1	36,9	2600	1	
H 124	27.02.2003	16:23	52,9	Nein	0					
H 125	27.02.2003	17:00	36,9	Ja	100	L.s.	49,7	200	L.s.	
H 126	27.02.2003	17:28	47,7	Nein	0					
H 127	27.02.2003	17:35	48,5	Nein	0					
H 128	27.02.2003	17:50	51,3	Nein	0					
H 129	11.03.2003	16:45	58,4	Nein	0					
H 130	27.02.2003	17:15	45,7	Ja	500	1	48,3	300	1	
H 131	05.03.2003	16:40	53,6	Nein	0					
H 132	05.03.2003	16:15	49,5	Nein	0					
H 133	05.03.2003	17:45	39,0	Ja	8200	1	44,0	5200	1	
H 134	05.03.2003	16:05	51,4	Nein	0					
H 135	05.03.2003	17:15	53,8	Nein	0					
H 136	11.03.2003	16:55	45,7	Nein	0					
H 137	11.03.2003	16:10	44,8	Nein	0					
H 138	11.03.2003	17:45	52,4	Nein	0					
H 139	11.03.2003	16:25	46,0	Ja	48	1	51,2	100	1	
H 140	11.03.2003	16:05	43,7	Ja	1800	1	47,8	52	1	2)
H 141	11.03.2003	17:20	44,2	Nein	0					
H 142	11.03.2003	17:52	36,6	Ja	600	1	37,5	100	1	
H 143	20.03.2003	16:35	53,6	Nein	0					
H 144	20.03.2003	16:50	47,3	Ja	100	L.s.	entfällt			
H 145	11.03.2003	18:20	51,9	Nein	0					
H 146	20.03.2003	17:27	51,8	Nein	0					
H 147	20.03.2003	16:15	55,8	Nein	0					
H 148	20.03.2003	18:07	38,8	Nein	0					
H 149	20.03.2003	17:30	53,3	Nein	0					
H 150	20.03.2003	17:07	49,0	Nein	0					
H 151	20.03.2003	17:53	60,1	Nein	0					
H 152	20.03.2003	18:15	43,0	Nein	0					
H 153	20.03.2003	16:05	47,9	Nein	0					
H 154	20.03.2003	18:00	56,3	Nein	0					
H 155	20.03.2003	17:43	51,9	Nein	0					
H 156	20.03.2003	18:47	38,7	Nein	0					
H 158	20.03.2003	19:15	56,2	Ja	1	1	entfällt			
H 160	20.03.2003	19:05	64,2	Nein	0					
H 161	25.03.2003	16:30	40,4	Nein	0					
H 162	25.03.2003	17:30	50,0	Nein	0					
H 163	25.03.2003	17:38	47,1	Nein	0					
H 164	25.03.2003	16:50	50,4	Nein	0					
H 165	25.03.2003	17:30	53,6	Nein	0					

Proben-Nr.	Datum	Entnahmezeit	Temperatur der Probe in °C	Legionellen gefunden / nicht gefunden	KBE/100 ml 1. Probe	Serogruppe 1. Probe	Temperatur 2.Probe in °C	KBE/100 ml 2. Probe	Serogruppe 2. Probe	Bemerkungen
H 166	25.03.2003	17:53	62,0	Nein	0					
H 167	25.03.2003	18:10	37,9	Nein	0					
H 168	25.03.2003	17:05	46,9	Nein	0					
H 169	25.03.2003	17:00	58,2	Nein	0					
H 170	25.03.2003	17:15	60,0	Nein	0					
H 171	25.03.2003	18:50	52,7	Nein	0					
H 172	25.03.2003	18:23	64,1	Nein	0					
H 173	25.03.2003	19:10	41,9	Nein	0					
H 174	25.03.2003	19:33	54,9	Nein	0					
H 175	25.03.2003	18:30	51,7	Nein	0					
H 176	27.03.2003	16:50	41,2	Nein	0					
H 177	27.03.2003	16:28	49,9	Nein	0					
H 178	27.03.2003	17:07	41,4	Nein	0					
H 179	27.03.2003	16:10	40,3	Nein	0					
H 180	27.03.2003	15:53	40,2	Nein	0					
H 181	27.03.2003	17:30	42,1	Nein	0					
H 182	27.03.2003	19:18	46,0	Nein	0					
H 183	27.03.2003	16:35	50,6	Nein	0					
H 184	27.03.2003	17:18	44,0	Nein	0					
H 185	27.03.2003	19:00	53,1	Nein	0					
H 186	27.03.2003	18:00	51,0	Nein	0					
H 187	27.03.2003	18:45	39,6	Nein	0					
H 188	27.03.2003	18:30	46,3	Nein	0					
H 189	27.03.2003	17:53	48,0	Nein	0					
H 190	27.03.2003	18:20	39,4	Nein	0					
H 191	27.03.2003	17:25	50,4	Nein	0					
H 192	27.03.2003	19:45	46,7	Nein	0					
H 193	27.03.2003	17:55	49,2	Nein	0					
H 194	27.03.2003	19:42	45,0	Nein	0					
H 195	27.03.2003	17:05	49,5	Nein	0					
H 196	27.03.2003	17:40	45,4	Nein	0					
H 197	27.03.2003	19:10	43,7	Nein	0					
H 198	27.03.2003	17:15	50,7	Nein	0					
H 199	10.04.2003	17:30	55,4	Nein	0					
H 200	27.03.2003	19:30	48,7	Nein	0					
H 201	10.04.2003	18:40	47,2	Nein	0					
H 202	10.04.2003	17:00	50,7	Nein	0					
H 203	10.04.2003	18:20	44,9	Nein	0					
H 204	10.04.2003	17:20	58,7	Nein	0					
H 205	10.04.2003	17:47	55,8	Nein	0					
H 206	10.04.2003	19:05	45,2	Nein	0					

Proben-Nr.	Datum	Entnahmezeit	Temperatur der Probe in °C	Legionellen gefunden / nicht gefunden	KBE/100 ml 1. Probe	Serogruppe 1. Probe	Temperatur 2.Probe in °C	KBE/100 ml 2. Probe	Serogruppe 2. Probe	Bemerkungen
H 207	10.04.2003	17:55	55,6	Nein	0					
H 208	10.04.2003	18:50	47,2	Nein	0					
H 209	10.04.2003	19:30	45,9	Nein	0					
H 210	10.04.2003	19:20	58,0	Nein	0					
H 211	10.04.2003	20:05	53,0	Nein	0					
H 212	10.04.2003	20:30	46,6	Ja	2	2-14	entfällt			

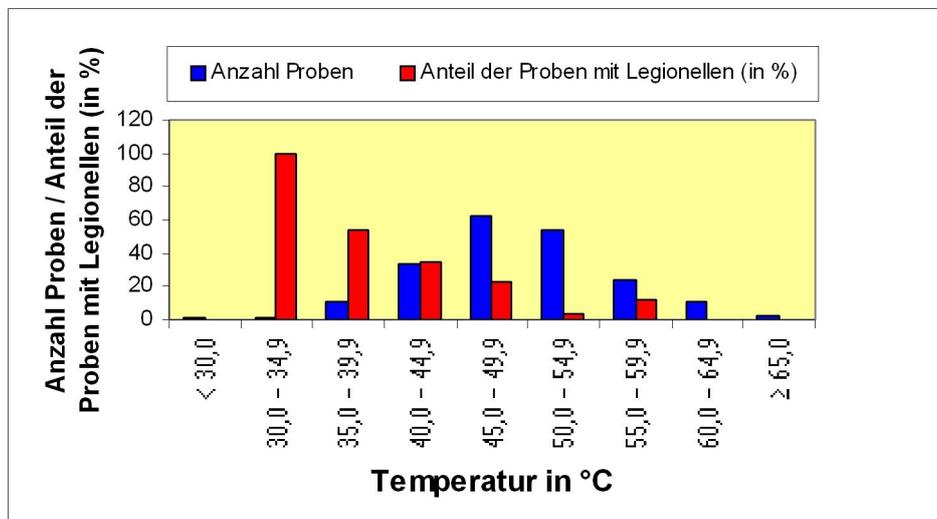
Bemerkungen:

- 1) Heizkessel defekt
- 2) Die Temperatur des Warmwasserspeichers wurde vor der Entnahme der zweiten Probe schon hochgefahren.

3.4 Zusammenfassungen

Tabelle 3: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit von der Temperatur der Probe

Temperatur der Probe	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
Unter 30,0°C	1	0	1	0,0
30,0°C - 34,9°C	1	1	0	100,0
35,0°C - 39,9°C	11	6	5	54,5
40,0°C - 44,9°C	34	12	22	35,3
45,0°C - 49,9°C	62	14	48	22,6
50,0°C - 54,9°C	54	2	52	3,7
55,0°C - 59,9°C	24	3	21	12,5
60,0°C - 64,9°C	11	0	11	0,0
Über 65,0°C	2	0	2	0,0
Summe	200	38	162	19,0



Es ist zu erkennen, dass der Anteil der Proben mit Legionellen mit steigender Probentemperatur sinkt. In Proben mit einer Temperatur über 60,0°C wurden keine Legionellen mehr gefunden, in drei Proben mit einer Temperatur zwischen 55,0°C und 59,9°C wurden allerdings noch Legionellen gefunden.

Tabelle 4: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit vom Alter des Hauses

Baujahr des Hauses	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
1901-1979	11	0	11	0,0
1980-1984	36	21	15	55,5
1985-1989	23	13	10	56,5
1990-1994	23	2	21	8,7
1995-1999	36	1	35	2,8
2000-2002	70	1	69	1,4
keine Angabe	1	0	1	0,0
Summe	200	38	162	19,0

Zwar sind auffällig oft Häuser aus den Jahren 1980-1989 betroffen, dennoch ist kein Zusammenhang zwischen Alter des Hauses und Legionellenbefall ableitbar (siehe Kapitel 4).

Tabelle 5: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit vom Alter des Wasserleitungssystems

Baujahr des Wasserleitungssystems	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
1928-1979	9	0	9	0,0
1980-1984	36	21	15	55,5
1985-1989	23	13	10	56,5
1990-1994	23	2	21	8,7
1995-1999	37	1	36	2,7
2000-2002	71	1	70	1,4
keine Angabe	1	0	1	0,0
Summe	200	38	162	19,0

Zwar sind auffällig oft Häuser mit Wasserleitungssystemen aus den Jahren 1980-1989 betroffen, dennoch ist kein Zusammenhang zwischen Alter des Hauses und Legionellenbefall ableitbar (siehe Kapitel 4).

Tabelle 6: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit vom Material der Rohrleitung

Material der Rohrleitung	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
Kupfer	125	33	92	26,4
Kunststoff	65	2	63	3,1
Sonstige	5	3	2	60,0
keine Angabe	5	0	5	0,0
Summe	200	38	162	19,0

Die Annahme, dass Kunststoffrohre die Ansiedlung von Legionellen begünstigen (siehe Kapitel 4), kann durch die vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigt werden.

Tabelle 7a: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit vom Vorhandensein einer Zirkulationsleitung

<u>Zirkulationsleitung vorhanden</u>	<u>insgesamt</u>	<u>mit Legionellen</u>	<u>ohne Legionellen</u>	<u>mit Legionellen in %</u>
Ja	184	38	146	20,7
Nein	15	0	15	0,0
keine Angabe	1	0	1	0,0
Summe	200	38	162	19,0

Da fast alle untersuchten Haushalte über ein Zirkulationssystem verfügten, kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob das Vorkommen von Legionellen vom Vorhandensein einer Zirkulationsleitung abhängt.

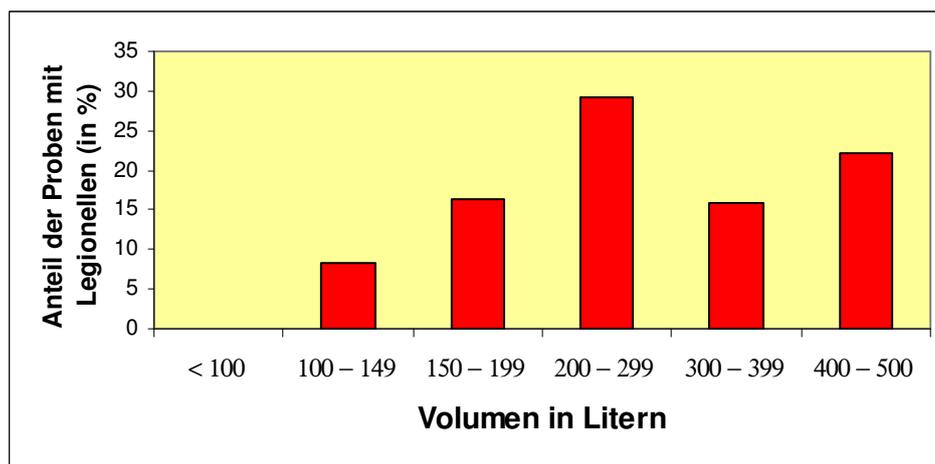
Tabelle 7b: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit vom Betrieb der Zirkulationsleitung

<u>Wasserzirkulation wird nachts unterbrochen</u>	<u>insgesamt</u>	<u>mit Legionellen</u>	<u>ohne Legionellen</u>	<u>mit Legionellen in %</u>
Ja	93	20	73	21,5
Nein	86	18	68	20,9
keine Angabe	5	0	5	0,0
Summe	184	38	146	20,7

Bei den Haushalten, die über ein Zirkulationssystem verfügen, scheint es irrelevant für das Vorkommen von Legionellen zu sein, ob die Wasserzirkulation nachts unterbrochen wird oder nicht.

Tabelle 8: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit vom Volumen des Warmwasserspeichers

Volumen des Warmwasserspeichers	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
Unter 100 l	2	0	2	0,0
100 l – 149 l	24	2	22	8,3
150 l – 199 l	43	7	36	16,3
200 l – 299 l	82	24	58	29,3
300 l – 399 l	19	3	16	15,8
400 l – 500 l	9	2	7	22,2
keine Angabe	21	0	21	0,0
Summe	200	38	162	19,0

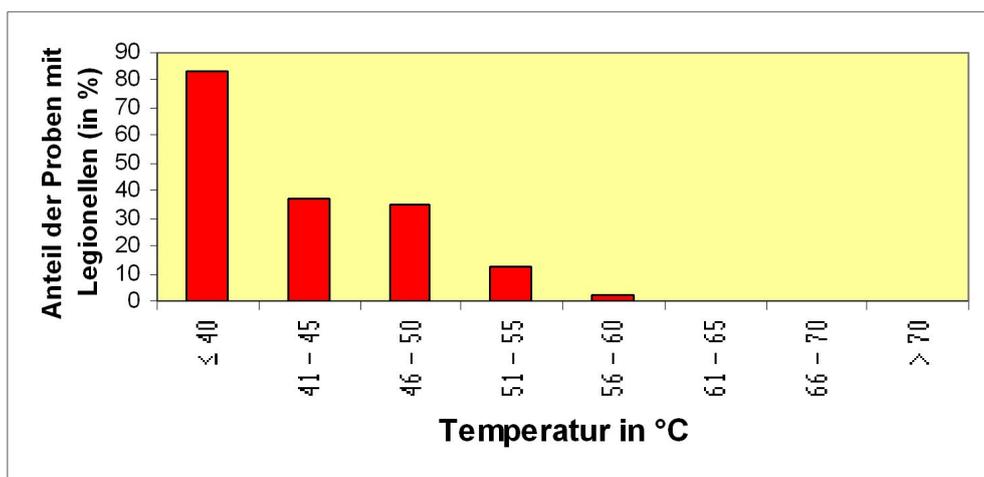


Es ist zu erkennen, dass der Anteil der Proben mit Legionellen bei Warmwasserspeichern mit kleinen Volumina kleiner ist als bei Warmwasserspeichern mit großen Volumina. Ab einem Volumen von 300 Litern wird die steigende Tendenz unterbrochen, hier nimmt allerdings auch der Stichprobenumfang deutlich ab.

Tabelle 9: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit von der Temperatureinstellung des Warmwasserspeichers

<u>Temperatureinstellung des Speichers</u>	<u>insgesamt</u>	<u>mit Legionellen</u>	<u>ohne Legionellen</u>	<u>mit Legionellen in %</u>
Bis 40°C	6	5	1	83,3
41°C – 45°C	16	6	10	37,5
46°C – 50°C	51	18	33	35,3
51°C – 55°C	54	7	47	13,0
56°C – 60°C	47	1	46	2,1
61°C – 65°C	5	0	5	0,0
66°C – 70°C	4	0	4	0,0
Über 70°C	1	0	1	0,0
keine Angabe	16	1	15	6,3
Summe	200	38	162	19,0

Anmerkung: Wenn der Hausbesitzer für die Temperatureinstellung ein Intervall angegeben hat, so floss die Obergrenze dieses Intervalls in die vorliegende Statistik ein, da angenommen wird, dass diese Obergrenze regelmäßig erreicht wird. Diese Handhabung betrifft 5 Proben.



Die Tabelle zeigt die Aufteilung der Proben getrennt nach der Temperatureinstellung des Speichers. Auch wenn das Ergebnis bzgl. der Temperatur bis 40°C auf Grund der geringen Probenzahl als Ausreißer gewertet werden kann, ist dennoch deutlich zu erkennen, dass der Anteil der Proben mit Legionellenbefall bei steigender Temperatureinstellung abnimmt.

Tabelle 9a: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit von der Kontinuität der Temperatureinstellung des Warmwasserspeichers

<u>Einstellung gilt für das ganze Jahr</u>	<u>insgesamt</u>	<u>mit Legionellen</u>	<u>ohne Legionellen</u>	<u>mit Legionellen in %</u>
Ja	164	33	131	20,1
Nein	29	5	24	17,2
keine Angabe	7	0	7	0,0
Summe	200	38	162	19,0

Es ist kein Zusammenhang zwischen der Kontinuität der Temperatureinstellung (für das ganze Jahr) und einem Legionellenbefall erkennbar.

Tabelle 9b: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit vom kurzfristigen Hochfahren der Temperatur des Warmwasserspeichers

<u>Temperatur wird ... hochgefahren</u>	<u>insgesamt</u>	<u>mit Legionellen</u>	<u>ohne Legionellen</u>	<u>mit Legionellen in %</u>
Ja	37	8	29	21,6
Nein	149	29	120	19,5
keine Angabe	14	1	13	7,1
Summe	200	38	162	19,0

Es ist kein Zusammenhang zwischen dem (kurzfristigen) Hochfahren der Temperatur und einem Legionellenbefall herstellbar.

Tabelle 9c: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit von der erreichten Temperatur

<u>wenn ja, auf welche Temperatur</u>	<u>insgesamt</u>	<u>mit Legionellen</u>	<u>ohne Legionellen</u>	<u>mit Legionellen in %</u>
Bis 50	1	0	1	0,0
> 50	5	0	5	0,0
> 60	12	3	9	25,0
> 70	9	2	7	22,2
keine Angabe	10	3	7	30,0
Summe	37	8	29	21,6

Bei der Auswertung der erreichten Temperatur ist es erstaunlich, dass insbesondere Haushalte mit einer hohen Temperatur von Legionellen befallen waren. Allerdings war der Probenumfang klein und das genaue Heizverhalten unklar.

Tabelle 10: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit von der Nutzung von Solarenergie

Solaranlage	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
Solaranlage	48	2	46	4,2

Die Vermutung, dass Legionellen bevorzugt in Haushalten mit solarer Wassererwärmung auftreten, lässt sich durch die vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigen (siehe Kapitel 4).

Tabelle 11: Vorkommen von Legionellen in Abhängigkeit von der Nutzung von Nahwärme bzw. Fernwärme

Nahwärme, Fernwärme	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
Nahwärme	24	0	24	0,0
Fernwärme	57	29	28	50,9
Summe	81	29	52	35,8

Ein uneinheitliches Ergebnis bringt die Auswertung der Proben aus den Siedlungen, die an ein Nah- bzw. Fernwärmenetz angeschlossen waren. Während in der Siedlung, die an das Nahwärmenetz angeschlossen war, kein Legionellenbefall festzustellen war, war in der Siedlung, die an das Fernwärmenetz angeschlossen war, mehr als jeder zweite Haushalt von einem Legionellenbefall betroffen. Dieses Ergebnis wird in Kapitel 4 ausführlich diskutiert.

3.5 Auswertung der Proben mit positivem Legionellenbefund

Tabelle 12: Auswertung der Proben mit positivem Legionellenbefund nach Serogruppen

<u>Serogruppen</u>	<u>1.Probe</u>	<u>2.Probe</u>
1	28	27
2-14	7	6
Legionella species	3	2
Summe	38	35

Diese Tabelle zeigt die Auswertung der Proben mit positivem Legionellenbefund nach Serogruppen. Es wurden überwiegend Legionellen der Serogruppe 1 gefunden.

Tabelle 13: Auswertung der Proben mit positivem Legionellenbefund nach Legionellenkonzentration

<u>KBE/100 ml</u>	<u>1. Probe</u>	<u>2.Probe</u>
1-1000	25	25
1001-2000	5	4
2001-3000	4	2
3001-4000	2	0
4001-9200	2	4
Summe	38	35

Diese Tabelle zeigt, dass sich sowohl in den ersten als auch in den zweiten Proben die gefundenen Legionellenkonzentrationen überwiegend im Intervall 1-1000 KBE/100 ml bewegten. Jedoch gab es auch einige deutlich höhere Legionellenkonzentrationen.

4 Diskussion

Bei der Untersuchung von 200 Ein- und Zweifamilienhäusern in Bielefeld wurden in den Warmwasserproben von 38 Haushalten Legionellen gefunden. Das entspricht einem Anteil von 19%.

Bei differenzierter Betrachtung der Proben, in denen Legionellen nachgewiesen wurden, konnte festgestellt werden, dass 74% der Proben Legionellen der Serogruppe 1, 18% der Proben Legionellen der Serogruppen 2-14 und 8% der Proben Legionella species enthielten (siehe Kapitel 3.5, Tabelle 12). Diese Verteilung, insbesondere das dominante Auftreten der Serogruppe 1, entspricht auch den Ergebnissen anderer Studien [45][55].

Die gefundenen Konzentrationen lagen zwischen 1 KBE/100 ml und 9200 KBE/100 ml.

Bezüglich der Frage, ab welcher Konzentration ein Legionellenbefall des Wassers für den Menschen gefährlich ist, gibt es keine eindeutige Aussage. In der Literatur findet sich als kritischer Grenzwert regelmäßig eine Konzentration von 10^4 KBE/l.

Während bei Arnow et al. [5] eine Konzentration unterhalb dieses Grenzwertes generell als „geringe Kontamination“ bezeichnet wird, spricht das Schweizer Bundesamt für Gesundheit bei der Überschreitung dieses Grenzwertes bereits von einer „schwerwiegenden Kontamination“ [69]. Von einer „Kontamination“ wird dort schon bei einer Überschreitung der so genannten „Alarmschwelle“ von 10^3 KBE/l gesprochen.

Betrachtet man eine Konzentration von 10^4 KBE/l als kritischen Grenzwert, so lagen bei der ersten Probenentnahme 13 der 38 Wasserproben mit positivem Legionellenbefund auf oder über diesem Grenzwert. Bei der zweiten Probenentnahme³ wiesen 11 der 35 Wasserproben eine Konzentration von mindestens 10^4 KBE/l auf.

³ In 35 der 38 Haushalte, in deren Wasserproben Legionellen gefunden wurden, wurde zur Kontrolle jeweils eine zweite Wasserprobe entnommen und ausgewertet.

Betrachtet man dagegen eine Konzentration von 10^3 KBE/l als kritischen Grenzwert, so lagen bei der ersten Probenentnahme 29 der 38 Wasserproben mit positivem Legionellenbefund auf oder über diesem Grenzwert. Bei der zweiten Probenentnahme wiesen 27 der 35 Wasserproben eine Konzentration von mindestens 10^3 KBE/l auf.

Neben der Legionellenkonzentration hängt der Grad der Gefährdung einerseits von der Verwendung des Wassers ab. Da die Infizierung in der Regel über die Atemwege erfolgt, ist die Gefahr einer Infizierung umso größer, je mehr Aerosole sich bei der Anwendung bilden und eingeatmet werden. In diesem Zusammenhang stellt innerhalb eines Haushalts das Duschen die größte Gefahr dar.

Andererseits ist der Grad der Gefährdung von der persönlichen Befindlichkeit des Einzelnen abhängig. Die in der Literatur häufig zitierten Risikofaktoren wie Immunsuppression, chronische Lungenerkrankungen und schwere Grunderkrankungen (z.B. Tumorerkrankungen, Herz- und Nierenerkrankungen, Infektionskrankheiten und Diabetes mellitus) wurden bereits in Abschnitt 1.5 angeführt.

Von einem extremen Beispiel, das von allen drei Risikofaktoren (Konzentration, Verwendung sowie Befindlichkeit des Betroffenen) beeinflusst ist, wissen Rampling et al. zu berichten [59]: In dieser Fallstudie geht es um einen Patienten, der nach minimalem Kontakt mit einer kontaminierten Quelle an Legionellose erkrankt ist. Der Patient arbeitete als Verputzer in einem Trakt eines weitläufigen Wohnhauses aus dem 19. Jahrhundert, der für die Dauer der Renovierungsarbeiten für einige Wochen leer stand. Der Patient nutzte das Warmwasser des Hauses lediglich zum Ausspülen seiner Kaffeetasse, er trank es jedoch nicht und nutzte es auch nicht für andere Zwecke. Dass er im Gegensatz zu den regulären Bewohnern des Traktes dennoch an Legionellose erkrankte, hat vermutlich mehrere Ursachen:

- In dem Zeitraum, in dem der Patient das Wasser genutzt hatte, wurde es von den regulären Bewohnern nicht genutzt, so dass der Wasseraustausch innerhalb des Leitungsnetzes entsprechend gering war, was eine erhöhte Legionellenkonzentration begünstigte. Nach der Renovierung wurden dagegen nur noch geringe Legionellenkonzentrationen gemessen.
- Bei der Wasserentnahme bildeten sich überdurchschnittlich viele Aerosole, weil das Wasser mit hohem Druck aus dem renovierungsbedürftigen Wasserhahn schoss.
- Der Patient war starker Raucher und mittleren Alters. Die regulären Bewohner werden dagegen als „unter 25 Jahre alt und fit“ beschrieben.

Nach der Renovierung wurden in regelmäßigen Abständen Kontrollen des Warmwassers durchgeführt, bei denen immer wieder niedrige Konzentrationen von Legionellen gemessen wurden. Dennoch wurden keine weiterführenden Maßnahmen zur Bekämpfung der Legionellen durchgeführt, da die Gefahr für die regulären Bewohner bei einer normalen Nutzung des Warmwassers als gering eingestuft wurde.

In der vorliegenden Arbeit wurden ausgewählte Faktoren im Hinblick darauf untersucht, welchen Einfluss sie auf das Wachstum von Legionellen in Warmwassersystemen haben.

In der Literatur wird die These vertreten, dass es einen engen Zusammenhang zwischen der Wassertemperatur und dem Legionellenwachstum gibt [1][5][13][37][55][65]. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen diese These. Es ist deutlich zu erkennen, dass die gemessene Temperatur des Wassers und der Anteil der Proben mit Legionellen voneinander abhängen. Je niedriger die Temperatur war, desto öfter konnten Legionellen in der Probe nachgewiesen werden. Auch spiegelt die vorliegende Untersuchung die in der Literatur vertretene These wider, dass Legionellen sich vorzugsweise im Temperaturbereich zwischen 30 °C und 45 °C vermehren [37].

In Proben mit einer Temperatur von über 60 °C wurden keine Legionellen mehr gefunden. Diese Beobachtung deckt sich mit der These, dass Temperaturen über 60 °C bakterizid bzw. bakteriostatisch wirken [52][64]. Es wurden jedoch in drei Proben mit einer Temperatur zwischen 55,0 °C und 59,9 °C Legionellen gefunden. Dies lässt einerseits vermuten, dass Legionellen durchaus bei Temperaturen bis 60 °C überleben können, vor allem dann, wenn sie durch Biofilme vor äußeren Einflüssen geschützt werden. Andererseits muss in Betracht gezogen werden, dass Teile des Warmwassersystems (z.B. nicht benutzte Abzweigungen, Stichleitungen) nicht ausreichend hohen Temperaturen ausgesetzt werden [9].

Neben der unmittelbar aus dem Wasserhahn gemessenen Wassertemperatur wurde als weiterer Faktor die Temperatureinstellung des Warmwasserspeichers generell betrachtet. Da die gemessene Wassertemperatur ganz wesentlich von der Temperatureinstellung des Speichers abhängt, wurde vorab erwartet, dass sich der gleiche Zusammenhang zwischen Temperatureinstellung und Legionellenwachstum ergeben würde wie zwischen gemessener Temperatur und Legionellenwachstum. Diese Erwartung hat sich auch bestätigt. Je höher die Temperatur des Wassers im Speicher war, desto seltener konnten Legionellen in der Probe nachgewiesen werden, und verhältnismäßig viele Proben mit Legionellen wurden bei Temperatureinstellungen bis zu 50 °C gefunden.

Bei der weiteren Befragung stellte sich heraus, dass in 85% der Haushalte die Temperatureinstellung während des gesamten Jahres beibehalten wird, während in 15% der Haushalte die Temperatureinstellung des Speichers im Laufe des Jahres variiert, indem beispielsweise während der Sommermonate eine niedrigere Temperatur eingestellt wird als während der übrigen Monate. Ein Zusammenhang zwischen der Kontinuität der Temperatureinstellung und einem Legionellenbefall ist den Ergebnissen jedoch nicht zu entnehmen.

Neben der längerfristigen Variation der Temperatureinstellung wurde auch danach gefragt, ob die Temperatur des Speichers in regelmäßigen Abständen kurzfristig hochgefahren wird, zum Beispiel einmal pro Woche für einige Stunden. Ein derartiges manuelles oder – bei neueren Geräten – auch automati-

sches Hochfahren der Temperatur zielt als Präventiv- oder Bekämpfungsmaßnahme gerade darauf ab, Bakterien im Warmwasserspeicher abzutöten.

Bei der Mehrzahl der befragten Haushalte fand kein derartiges Hochfahren der Temperatur statt. Bei der Auswertung der Ergebnisse konnte kein Zusammenhang zwischen dem Hochfahren der Temperatur und einem Legionellenbefall hergestellt werden.

In den Haushalten, in denen die Temperatur des Speichers in regelmäßigen Abständen hochgefahren wurde, ist auch nach der erreichten Zieltemperatur gefragt worden. Es zeigte sich erstaunlicherweise, dass insbesondere Haushalte mit einer hohen Zieltemperatur von Legionellen befallen waren. Allerdings war der Probenumfang klein und das genaue Heizverhalten unklar.

In der Literatur wird empfohlen, möglichst kleine Warmwasserspeicher in die Haushalte einzubauen [51], um die Gefahr der Temperaturmehrschichtigkeit, Sedimentbildung und Stagnation innerhalb der Speicher zu minimieren und damit Legionellen ein günstiges Milieu für ihre Vermehrung zu entziehen. Die vorliegende Untersuchung widerspricht dieser Empfehlung nicht, da in den Proben von Haushalten mit kleinen Warmwasserspeichern unterdurchschnittlich oft Legionellen gefunden wurden.

Ein weiterer untersuchter Faktor ist das Material, aus dem die Rohrleitungen der Warmwassersysteme hergestellt waren. In der Literatur wird oftmals die Meinung vertreten, dass Kunststoffleitungen eher als Kupferleitungen Nährböden für Legionellen darstellen. Demzufolge lagern sich Biofilme schlechter an Kupfer und rostfreiem Stahl an, wohingegen Kunststoffe sich besser zur Anlagerung von Biofilmen eignen [20][30][51][59][69]. Diese These kann durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung auf keinen Fall bestätigt werden, denn Haushalte mit Kunststoffleitungen waren im Vergleich zu Haushalten mit Metallleitungen weitaus seltener von Legionellenbefunden betroffen.

Fast alle untersuchten Haushalte nutzten eine Zirkulationsleitung zur Warmwasserversorgung, so dass keine Aussage darüber getroffen werden kann, ob das Vorkommen von Legionellen vom Vorhandensein einer Zirkulationsleitung abhängt.

Dagegen war der Stichprobenumfang gut geeignet, um der Fragestellung nachzugehen, ob die nächtliche Unterbrechung der Zirkulation einen Einfluss auf den Legionellenbefall des Warmwassersystems hat. Innerhalb dieser Untersuchung konnte jedoch kein derartiger Zusammenhang nachgewiesen werden.

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung wurde ein besonderes Augenmerk auf Häuser gerichtet, in denen die Warmwasseraufbereitung durch eine Solaranlage erfolgte. Schon öfters ist der Verdacht geäußert worden, dass mit Solarenergie betriebene Speicher von höheren Legionellenkonzentrationen betroffen sein könnten, da sie einerseits in der Regel größere Speicherkapazitäten und längere Speicherzeiten aufweisen und andererseits – wie schon zu Beginn der Diskussion erläutert – die Warmwasseraufbereitung einer Wetterabhängigkeit unterliegt. Die Vermutung, dass Legionellen bevorzugt in Haushalten mit solarer Wassererwärmung auftreten, lässt sich durch die vorliegenden Ergebnisse jedoch nicht bestätigen. Von den 48 Haushalten mit solarer Wassererwärmung waren lediglich zwei Haushalte mit Legionellen belastet, wobei man hinzufügen muss, dass beide Haushalte zu der im folgenden Abschnitt beschriebenen „Problemsiedlung“ gehörten. Insbesondere wurden die Proben in den Monaten Januar bis April entnommen, so dass die Wetterabhängigkeit in Form von schwacher Sonneneinstrahlung in vollem Maße zum Tragen kam und deshalb zu vermuten gewesen wäre, dass die Haushalte mit Solarenergie besonders stark gefährdet sein würden.

Auch in der Literatur wird inzwischen die These vertreten, dass das Vorkommen von Legionellen kein typisch auf Solarenergie bezogenes Problem ist und dass keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu konventionellen Warmwasserspeichern vorliegen [6][39].

Als sehr interessant erwies sich die Auswertung der Proben aus den Siedlungen, die an ein Fernwärme- bzw. Nahwärmenetz angeschlossen waren. Zum Verständnis von Fernwärme bzw. Nahwärme sei erläutert, dass diese zentral in Heizkraftwerken erzeugt werden. Heißes Wasser dient als Wärmeträger und gelangt von der Erzeugungsstelle durch ein Leitungsrohr, dem so genannten Vorlauf, zum Hausanschluss. Eine eigene Heizkesselanlage wird vom Haushalt nicht benötigt. Nach Nutzung, also nach Wärmeabgabe, fließt das abgekühlte Wasser durch eine zweite Leitung, dem so genannten Rücklauf, wieder zum Kraftwerk zurück, wo es erneut aufgeheizt wird. Im Haus regelt eine Übergabestation, ähnlich wie eine Heizungsanlage, den Druck und die Temperatur der Fernwärme bzw. Nahwärme. Der Unterschied zwischen Fernwärme und Nahwärme liegt laut Betreiber lediglich in der Entfernung zwischen Heizkraftwerk und Haushalt, die Technik an sich ist für beide Systeme identisch.

Trotz der identischen Technik weisen die durch die Untersuchung der Proben erbrachten Ergebnisse immense Unterschiede auf. Während in der Siedlung, die an das Nahwärmenetz angeschlossen war, in keinem einzigen Haushalt Legionellen gefunden werden konnten, war in der Siedlung, die an das Fernwärmenetz angeschlossen war, mehr als jeder zweite Haushalt (50,9%) von Legionellen betroffen. Wie kann es, trotz identischer Technik, zu solchen Zahlen kommen?

Bei differenzierter Betrachtung der beiden Siedlungen fällt einerseits auf, dass die „Nahwärmesiedlung“ eine relativ junge Siedlung ist, deren Häuser zum Zeitpunkt der Probenentnahme nicht älter als drei Jahre waren, während die Häuser der „Fernwärmesiedlung“ bis zu 20 Jahre alt waren. Das Fernwärmenetz ist noch älter. Insofern wäre es sicherlich interessant, in einigen Jahren erneut Proben in der „Nahwärmesiedlung“ zu entnehmen, um der Fragestellung nachgehen zu können, ob das Alter des Nahwärmenetzes Einfluss auf das Vorkommen von Legionellen hat.

Andererseits fällt im Vergleich von Nahwärme mit Fernwärme auf, dass sämtliche Haushalte der „Nahwärmesiedlung“ über Solaranlagen verfügten, während lediglich vier von insgesamt 57 Haushalten in der „Fernwärmesiedlung“ mit So-

laranlagen ausgestattet waren. Zwei dieser vier Haushalte waren jedoch auch von Legionellen betroffen.

Sowohl in der „Fernwärmesiedlung“ als auch in der „Nahwärmesiedlung“ waren die gemessenen Temperaturen des Warmwassers relativ niedrig. Sie lagen zumeist in dem Bereich, in dem das Legionellenwachstum begünstigt ist. Diese Tatsache liefert eine mögliche Erklärung dafür, warum in der „Fernwärmesiedlung“ so viele Haushalte von Legionellen betroffen waren.

Die Ergebnisse der Probenentnahme in der „Fernwärmesiedlung“ beunruhigen umso mehr, als dass auch in anderen Stadtteilen von Bielefeld Fernwärme genutzt wird (ca. 16% der Bielefelder sind an ein Fernwärmenetz angeschlossen) und vom Netzbetreiber, den Stadtwerken Bielefeld, Fernwärme wegen der Vorteile hinsichtlich Effizienz und Umweltschutz aktiv angeboten wird.

In diesem Zusammenhang sollte ebenfalls erwähnt werden, dass von den eingangs erwähnten Proben, in denen Legionellenkonzentrationen von mindestens 10^4 KBE/Liter gefunden wurden, der überwiegende Teil aus der „Fernwärmesiedlung“ stammt. Bei der ersten Probenentnahme waren – wie erwähnt – 13 Proben mit einer Legionellenkonzentration von 10^4 KBE/Liter oder höher gefunden worden. Davon stammten 11 Proben aus der „Fernwärmesiedlung“. Bei der zweiten Probenentnahme waren 11 Proben mit einer Legionellenkonzentration von mindestens 10^4 KBE/Liter gefunden worden. Davon stammten 9 Proben aus der „Fernwärmesiedlung“. Bei beiden Probenentnahmen stammten also nur je zwei der Proben mit einer Legionellenkonzentration von mindestens 10^4 KBE/Liter nicht aus der „Fernwärmesiedlung“.

Die hier vorliegende Untersuchung zeigt, dass das Fernwärmesystem wegen der gehäuften Legionellenfunde und der hohen Legionellenkonzentrationen einer weiteren gründlichen Inspektion bedarf, um Zusammenhänge zu ergründen, insbesondere auch deswegen, weil keine Literatur oder Studien diesbezüglich gefunden werden konnten.

Insgesamt zeigt die Untersuchung, dass Legionellen in Ein- und Zweifamilienhäusern ein Problem darstellen. In den Warmwasserproben von beinahe jedem fünften Haushalt sind Legionellen gefunden worden. Dieser Anteil ist für ein Bakterium, von dem tödliche Gefahren ausgehen können, als hoch einzustufen. Des Weiteren sind Konzentrationen gemessen worden, die die Grenze von 10^4 KBE/Liter um ein Vielfaches übersteigen. Diese Konzentrationen sind vor dem Hintergrund, dass in kleinen Gebäuden von niedrigeren Konzentrationen ausgegangen wird als in großen Gebäuden, als erstaunlich hoch einzustufen. Ferner hat sich gezeigt, dass Legionellen in Ein- und Zweifamilienhäusern nicht nur sporadisch, sondern unter entsprechenden Umständen wie in der „Fernwärmesiedlung“ auch gehäuft auftreten können.

Die Arbeit zeigt, dass das Bewusstsein für die Problematik von Legionellen in Warmwassersystemen in der breiten Bevölkerung verankert werden muss, denn während in großen Gebäuden hauptberufliche und geschulte Mitarbeiter für die Wartung des Warmwassersystems verantwortlich sind, ist es in Ein- und Zweifamilienhäusern die Aufgabe des Einzelnen, die Gefahr eines Legionellenbefalls zu minimieren.

Literaturverzeichnis

- [1] Alary M, Joly JR (1991) Risk factors for contamination of domestic hot water systems by Legionellae. *Applied and Environmental Microbiology*, Aug. 1991: 2360-2367
- [2] Ampel NM, Ruben FL, Norden CW (1985) Cutaneous abscess caused by *Legionella micdadei* in an immunosuppressed patient. *Annals of Internal Medicine* 102: 630-632
- [3] Andersen BB, Sogaard J (1987) Legionnaires' disease and brain abscess. *Neurology* 37: 333-334
- [4] Armengol S, Domingo C, Mesalles E (1992) Myocarditis: a rare complication during *Legionella* infection. *International Journal of Cardiology* 37: 418-420
- [5] Arnow PM, Weil D, Para MF (1985) Prevalence and significance of *Legionella pneumophila* contamination of residential hot-tap water systems. *Journal of Infectious Diseases* 152: 145-151
- [6] Bagh LK, Ellehaug K (2001) Bacterial growth in solar heating prepared and traditional tanks. *IEA Workshop Legionella 4/5 October 2001*: 48-53
- [7] Baker PC, Price TR, Allen CD (1981) Brain stem and cerebellar dysfunction with Legionnaires' disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 44: 1054-1056
- [8] Bartlett JG, Dowell SF, Mandell LA, File TM jr., Musher DM, Fine MJ (2000) Practice guidelines for the management of community-acquired pneumonia in adults. *Clinical Infectious Diseases* 31: 347-382
- [9] Bates MN, Maas E, Martin T, Harte D, Grubner M, Margolin T (2000) Investigation of the prevalence of *Legionella* species in domestic hot water systems. *New Zealand Medical Journal* 113: 218-220
- [10] Baumert A, Ansorge C, Malyska G (1998) Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen in Sachsen-Anhalt. *Gesundheitswesen* 60: 762-765

- [11] Beaty HM (1985) *Legionella pneumophila* (Legionnaires' disease). In: Mandell GL, Douglas RG, Bennett JE (Hrsg) *Principles and Practice of Infectious Diseases*. John Wiley Sons, New York, 2. Auflage, S. 1306
- [12] Bhopal R (1995) Source of infection for sporadic Legionnaires' disease: A review. *Journal of Infection* 30: 9-12
- [13] Bornstein N, Vieilly C, Nowicki M, Pacoud JC, Fleurette J (1986) Epidemiological evidence of Legionellosis transmission through domestic hot water supply systems and possibilities of control. *Israel Journal of Medical Sciences* 22: 655-661
- [14] Boucree MC (1988) Legionnaires' disease and acute renal failure: a case report and literature review. *Journal of the National Medical Association* 80: 1065-1071
- [15] Brabender W, Hinthorn DR, Asher M, Lindsey NJ, Liu C (1983) *Legionella pneumophila* wound infection. *Journal of the American Medical Association* 250: 3091-3092
- [16] Carratala J, Gudiol F, Pallares R, Dorca J, Verdaguer R, Ariza J, Manresa F (1994) Risk factors for nosocomial *Legionella pneumophila* pneumonia. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 149: 625-629
- [17] Chen YS, Lin WR, Liu YC, Chang CL, Gan VL, Huang WK, Huang TS, Wann SR, Lin HH, Lee SS, Huang CK, Chin C, Lin YS, Yen MY (2002) Residential water supply as a likely cause of community-acquired Legionnaires' disease in an immunocompromised host. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases* 21: 706-709
- [18] Chiba Y, Okamoto H, Nagatomo A, Kunikane H, Watanabe K (1998) Legionnaires' disease diagnosed by bronchoalveolar lavage. *Internal Medicine* 37: 153-156
- [19] Cirillo JD, Falkow S, Tompkins LS (1994) *Legionella pneumophila* in *Acanthamoeba castellanii* enhances invasion. *Infection and Immunity* 62: 3254-3261

- [20] Colbourne JS, Pratt DJ (1984) Water fittings as sources of Legionella pneumophila in a hospital plumbing system. *Lancet* 8370: 210-213
- [21] Colville A, Crowley J, Dearden D, Slack RCB, Lee JV (1993) Outbreak of Legionnaires' disease at University Hospital, Nottingham, epidemiology, microbiology and control. *Epidemiology and Infection* 110: 105-116
- [22] Domingo C, Roig J, Seres J (1989) Pericardial effusion as a clinical sign of Legionnaires' disease. *International Journal of Cardiology* 23: 407-409
- [23] Ewig S, Tuschy P, Fätkenheuer G (2002) Diagnostik und Therapie der Legionellen-Pneumonie. *Pneumologie* 56: 695-703
- [24] Exner M, Schulze-Röbbecke R (1987) Legionellen – Epidemiologie, Ökologie, Infektionsquellen und präventive Maßnahmen. *Das Öffentliche Gesundheitswesen* 49: 90-96
- [25] Fehrenbach FJ, Müller HE, Ruf B, Seidel K (1989) Die Legionärskrankheit – Nachweis von Legionella-Antigen diagnostisch entscheidend. *Deutsches Ärzteblatt* 86: 830-833
- [26] Fraser DW, McDade F (1979) Legionellose. *Spektrum der Wissenschaft* 12: 13-21
- [27] Fraser DW, Tsai TR, Orenstein W, Parkin WE, Beecham HJ, Sharrar RG, Harris J, Mallison GF, Martin SM, McDade JE, Shepard CC, Brachman PS (1977) Legionnaires' disease: description of an epidemic of pneumonia. *New England Journal of Medicine* 297: 1189-1197
- [28] Golub RJ, Feinsilver SH (1988) Hematuria and Legionella pneumophila (letter). *Annals of Internal Medicine* 108: 489
- [29] Gross D, Willens H, Zeldis SM (1981) Myocarditis in Legionnaires' disease. *Chest* 79: 232-234
- [30] Habicht W, Müller HE (1986) Über das Vorkommen von Legionellen in Warmwasserproben aus Krankenhäusern und Hotels. *Hygiene und Medizin* 11: 233-237

- [31] Haines JD jr., Calhoon H (1987) Interstitial nephritis in a patient with Legionnaires' disease. *Postgraduate Medicine* 81: 77-79
- [32] Haley CE, Cohen MK, Halter J, Meyer RD (1979) Nosocomial Legionnaires' disease: a continuing common-source epidemic at Wadsworth Medical Center. *Annals of Internal Medicine* 90: 583-586
- [33] Hariparsad D, Ramsaroop R, Seedat YK, Patel PL (1985) Mesangial proliferative glomerulonephritis with Legionnaires' disease. A case report. *South African Medical Journal* 67: 649-650
- [34] Heudorf U, Hentschel W, Hoffmann M, Lück C, Schubert R (2001) Legionellen im hauseigenen Warmwasser – Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohner. *Gesundheitswesen* 63: 326-334
- [35] Hoepelman IM (1996) Diagnosis and chemotherapy of Legionnaires' disease. *Netherlands Journal of Medicine* 49: 185-188
- [36] Johnson JD, Raff MJ, van Arsdall J (1984) Neurologic manifestations of Legionnaires' disease. *Medicine* 63: 303-310
- [37] Kohnke HJ (1987) Stand der Technik und neue Entwicklungen bei Warmwasserbereitern. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene e.V., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart*
- [38] Lee TC, Stout JE, Yu VL (1988) Factors predisposing to Legionella pneumophila colonization in residential water systems. *Archives of Environmental Health* 43: 59-62
- [39] Leidig K (2001) Risk of Legionnaires' disease in solar water heaters – status report. *IEA Workshop Legionella 4/5 October 2001: 63-66*
- [40] Lindsay DS, Abraham WH, Findlay W, Christie P, Johnston F, Edwards GF (2004) Laboratory diagnosis of Legionnaires' disease due to Legionella pneumophila serogroup 1: comparison of phenotypic and genotypic methods. *Journal of Medical Microbiology* 53: 183-187
- [41] Lode H (1984) Bedeutung der Legionellen als Erreger nosokomialer und ambulant erworbener Pneumonien. In: Lode H, Kemmerich B, Klastersky

- J. (Hrsg) Aktuelle Aspekte der Bakteriellen und Nichtbakteriellen Pneumonien, Thieme Verlag, Stuttgart, S. 113
- [42] Mandell LA, Marrie TJ, Grossman RF, Chow AW, Hyland RH (2000) Canadian guidelines for the initial management of community-acquired pneumonia: an evidence-based update by the Canadian Infectious Society and the Canadian Thoracic Society. *Clinical Infectious Diseases* 31: 383-421
- [43] Marston BJ, Plouffe JF, Breiman RF, File TM, Benson RF, Moyenudden M, Thacker WL, Wong K, Skelton S, Hackman B, Salstrom SJ, Barbaree JM (1993) Preliminary findings of a community-based pneumonia incidence study. In: Barbaree JM, Breiman RF, Dufour AP (Hrsg) *Legionella: current status and emerging perspectives*, American Society of Microbiology, S. 36-37
- [44] Marston BJ, Lipman HB, Breiman RF (1994) Surveillance for Legionnaires' disease. *Archives of Internal Medicine* 154: 2417-2422
- [45] Martinelli F, Caruso A, Moschini L, Turano A, Scarcella C, Speziani F (2000) A comparison of *Legionella pneumophila* occurrence in hot water tanks and instantaneous devices in domestic, nosocomial, and community environments. *Current Microbiology* 41: 374-376
- [46] McDade JE, Shepard CC, Fraser DW, Tsai TR, Redus MA, Dowdle WR (1977) Legionnaires' disease: isolation of a bacterium and demonstration of its role in other respiratory diseases. *New England Journal of Medicine* 297: 1197-1203
- [47] Michel O, Naeije N, Csoma M, Sergysels R, de Coster A (1985) Acute pancreatitis in Legionnaires' disease. *European Journal of Respiratory Diseases* 66: 62-64
- [48] Morgan DJ, Gawler J (1981) Severe peripheral neuropathy complicating Legionnaires' disease. *British Medical Journal* 283: 1577-1578
- [49] Morris GK, Patton CM, Feeley JC, Johnson SE, Gorman G, Martin WT, Skaliy P, Mallison GF, Politi BD, Mackel DC (1979) Isolation of the Le-

- gionnaires' disease bacterium from environmental samples. *Annals of Internal Medicine* 90: 664-666
- [50] Muder RR, Yu VL, Woo AH (1986) Mode of transmission of *Legionella pneumophila*. A critical review. *Archives of Internal Medicine* 146: 1607-1612
- [51] Müller HE (1989) Das Legionella-Infektionsrisiko und seine Verhinderung durch hygienetechnische Maßnahmen. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 114: 1754-1759
- [52] Müller HE (1988) Experimental studies of detection and processing on *Legionella* spp. in public drinking water supplies. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene B* 186/1: 73-78
- [53] Müller HE (1983) Häufigkeit der Legionärskrankheit und Infektion durch Leitungswasser. *Hygiene und Medizin* 8: 45-47
- [54] Murdoch DR (2003) Diagnosis of *Legionella* infection. *Clinical Infectious Diseases* 36: 64-69
- [55] Pedro-Botet ML, Stout JE, Yu VL (2002) Legionnaires' disease contracted from patient homes: the coming of the third plague? *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases* 21: 699-705
- [56] Pedro-Botet ML, Sabria-Leal M, Sopena N, Manterola JM, Morera J, Blavia R, Padilla E, Matas L, Gimeno JM (1998) Role of immunosuppression in the evolution of Legionnaires' disease. *Clinical Infectious Diseases* 26: 14-19
- [57] Platzeck C, Förster EC, Schneider MU, Lang C, Ehret W, Arenander H, Rodl W, Domschke W (1990) Enzephalitis bei *Legionella-Bozemanii*-Pneumonie. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 115: 1956-1959
- [58] Politi BD, Fraser DW, Mallison GF, Mohatt JV, Morris GK, Patton CM, Feeley JC, Telle RD, Bennett JV (1979) A major focus of Legionnaires' disease in Bloomington, Indiana. *Annals of Internal Medicine* 90: 587-591

- [59] Rampling A, Butt CJ, West AA, Tully M, Palmer KT (1997) Community-acquired Legionnaires' disease following minimal exposure to a contaminated source. *Journal of Infection* 35: 300-302
- [60] Risse MC, Krause H, Eikmann T (1990) Maßnahmen zur Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos im Krankenhaus. *Gesundheits-Ingenieur* 111, Heft 6: 257-263
- [61] Roig J, Aguilar X, Ruiz J, Domingo C, Mesalles E, Manterola J, Morera J (1991) Comparative study of Legionella pneumophila and other nosocomial-acquired pneumonias. *Chest* 99: 344-350
- [62] Schaberg T, Dalhoff K, Ewig S, Lorenz J, Wilkens H (1998) Deutsche Gesellschaft für Pneumonie: Empfehlungen zur Therapie der ambulant erworbenen Pneumonie. *Pneumologie* 52: 450-462
- [63] Schmidt T, Pfeiffer A, Ehret W, Keiditsch E, Ruckdeschel G, Kaess H (1989) Legionella infection of the colon presenting as acute attack of ulcerative colitis. *Gastroenterology* 97: 751-755
- [64] Schulze-Röbbeke R, Rödder M, Exner M (1987) Vermehrungs- und Abtötungstemperaturen natürlich vorkommender Legionellen. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene B* 184/6: 495-500
- [65] Straus WL, Plouffe JF, File TM, Lipman HB, Hackman BH, Salstrom SJ, Benson RF, Breiman RF (1996) Risk factors for domestic acquisition of Legionnaires' disease. *Archives of Internal Medicine* 156: 1685-1692
- [66] Svendsen JH, Johnson V, Niebuhr U (1987) Combined pericarditis and pneumonia caused by Legionella infection. *British Heart Journal* 58: 663-664
- [67] Tompkins LS, Roessler BJ, Redd SC, Markowitz LE, Cohen ML (1988) Legionella prosthetic-valve endocarditis. *New England Journal of Medicine* 318: 530-535
- [68] unbekannter Autor (2001) Ratgeber Infektionskrankheiten, 10. Folge: Legionellose. *Epidemiologisches Bulletin* 49/1999 des Robert Koch Instituts, aktualisiert im Oktober 2001 (Internetquelle)

- [69] unbekannter Autor (1999) Legionellen und Legionellose. Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Epidemiologie und Infektionskrankheiten, Sektion Bakterielle und parasitäre Erkrankungen, August 1999, Teil II
- [70] van Wolferen H (2001) Legionella in hot tap water production. IEA Workshop Legionella 4/5 October 2001: 28-41
- [71] von Graevenitz A (1994) Die Familie der Legionellaceae, Legionellose. In: Brandis H, Pulverer G (Hrsg) Lehrbuch der Medizinischen Mikrobiologie, GFV, 7. Auflage, S. 473-474
- [72] Wadowsky RM, Yee RB (1983) Satellite growth of Legionella pneumophila with an environmental isolate of flavobacterium breve. Applied and Environmental Microbiology 46: 1447-1449
- [73] Waterer GW, Baselski VS, Wunderink RG (2001) Legionella and community-acquired pneumonia: a review of current diagnostic tests from a clinician's viewpoint. American Journal of Medicine 110: 41-48
- [74] Yu VL (1993) Could aspiration be the major mode of transmission for Legionella? American Journal of Medicine 95: 13-15

Danksagung

Für die Überlassung des Themas sowie die freundliche Betreuung und Unterstützung dieser Arbeit möchte ich Prof. Dr. rer. nat. Werner Mathys herzlich danken.

Darüber hinaus gilt mein Dank Frau Dipl.-Ing. Anni Bommer, Frau Margret Hülsmann, Frau Marion Kreipe, Frau Ingeborg Neuhahn sowie Frau Ruth Wiesmann für ihre Hilfe bei der Verarbeitung der Wasserproben.

Ein ganz besonderer Dank gebührt meinem Mann Thomas für den moralischen Beistand und für die Unterstützung bei der Überwindung kleiner und großer Probleme mit dem Computer.

Zu guter Letzt möchte ich meinen Eltern für ihren grenzenlosen und immer wäherenden Beistand ganz herzlich danken.