

Aus dem Institut für Hygiene, Universitätsklinikum Düsseldorf

Direktorin: Frau Prof. Dr. med. Helga Idel

Autochthone aquatische Mikroflora im Kühlwasser zahnärztlicher Einheiten – eine Bestandsaufnahme im niedergelassenen Bereich

Dissertation

**zur Erlangung des Grades eines Doktors der
Zahnmedizin**

**Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf**

vorgelegt von

Christine Richter

2003

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. phil. Alfons Labisch, M.A.
Dekan

Referent: PD Dr. med. Roland Schulze-Röbbcke
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Becker

Danksagung

Für die Möglichkeit der Promotion an ihrem Institut und für die Überlassung des Themas bedanke ich mich bei Frau Prof. Dr. H. Idel.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv. Doz. Dr. R. Schulze-Röbbecke für die hervorragende Betreuung dieser Arbeit. Sein Interesse und seine Anregungen haben wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Hygieneinstitutes danke ich für ihre Hilfe bei der Probenverarbeitung im Labor.

Dr. F. Müller danke ich dafür, dass er mich auf das Thema dieser Arbeit aufmerksam gemacht und den Kontakt zum Hygieneinstitut Düsseldorf hergestellt hat.

Bei meinem Chef Dr. R. Carthaus möchte ich mich für die flexible Gestaltung meiner Arbeitszeiten bedanken, durch die sich mir erst die Möglichkeit zur nebenberuflichen Durchführung dieser Arbeit bot.

Weiterhin gilt mein herzlicher Dank meinen Eltern dafür, dass sie mich stets gefördert und mir mein Studium ermöglicht haben.

Meinem Mann Axel danke ich ganz besonders für seine tatkräftige Unterstützung bei allen Computerfragen, seine zahlreichen Ermutigungen und seine Geduld in der Zeit der Anfertigung dieser Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Zahnärztliche Einheiten	8
1.2	Mikrobiologische Kontamination zahnärztlicher Einheiten	8
1.2.1	Technische Aspekte	9
1.2.1.1	Biofilmentstehung	10
1.2.1.2	Zusammensetzung von Biofilmen	10
1.2.1.3	Bedeutung von Biofilmen	11
1.2.1.4	Biofilme in zahnärztlichen Einheiten	11
1.2.2	Medizinische Aspekte	12
1.2.2.1	Legionellen	12
1.2.2.2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	13
1.2.2.3	Fazit	14
1.2.3	Bisherige Lösungsvorschläge	14
1.2.3.1	Chemische Wasserzusätze	14
1.2.3.2	Durchspülen der Einheiten vor dem Gebrauch	15
1.2.3.3	Rücksaughemmventile	15
1.2.3.4	Mikrofilter	16
1.2.3.5	Anodische Oxidation	16
1.2.3.6	Sterile Wasserlieferungssysteme	17
1.2.3.7	Geschlossene Wassersysteme	17
1.2.3.8	Erfolg dieser Maßnahmen	18
1.3	Ziele der Arbeit	18
2	Material und Methoden	19
2.1	Probenherkunft	19
2.2	Probenentnahme	21
2.3	Probenverarbeitung	22
2.4	Probenauswertung	23
3	Ergebnisse	24
3.1	Informationen zur Auswertung	24
3.2	Übersicht	24

3.3	Gesamtkeimzahlen	25
3.3.1	Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart.....	25
3.3.2	Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag	26
3.3.3	Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entnahmestelle	29
3.3.4	Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit vom Alter der Einheiten	30
3.3.5	Gegenüberstellung der durchschnittlichen Gesamtkeimzahl je Praxis und der Gesamtkeimzahl am Waschbecken	32
3.4	Legionellen.....	34
3.4.1	Legionellenvorkommen, unterschieden nach Spezies und Serotypen .	34
3.4.2	Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart	34
3.4.2.1	Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (einheitenbezogen).....	34
3.4.2.2	Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (probenbezogen)	36
3.4.3	Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag	37
3.4.4	Legionellenkonzentration in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten	38
3.4.5	Praxisbezogenes Legionellenvorkommen	39
3.4.6	Beziehung zwischen den Konzentrationen von Legionellen und den Gesamtkeimzahlen der einzelnen Proben.....	40
3.5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	41
3.5.1	Vorkommen von <i>P. aeruginosa</i> unterschieden nach Proben, Einheiten und Praxen	41
3.5.2	<i>P.-aeruginosa</i> -Konzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart	41
3.5.2.1	<i>P.-aeruginosa</i> -Konzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (einheitenbezogen).....	41
3.5.2.2	<i>P.-aeruginosa</i> -Konzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (probenbezogen)	42
3.5.3	<i>P.-aeruginosa</i> -Konzentration in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag	43
3.5.4	<i>P.-aeruginosa</i> -Konzentration in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten	44

3.5.5	Praxisbezogenes Vorkommen von <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	46
3.5.6	Beziehung zwischen den Konzentrationen von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und den Gesamtkeimzahlen der einzelnen Proben	46
3.5.7	Beziehung zwischen <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und Legionellen	47
4	Diskussion	49
4.1	Allgemeines.....	49
4.2	Gesamtkeimzahlen	50
4.2.1	Überblick, mögliche Gründe der Verkeimung	50
4.2.2	Zusammenhang zwischen der Entkeimungsart und den Gesamtkeimzahlen.....	51
4.2.3	Zusammenhang zwischen Stagnationszeiten und Gesamtkeimzahlen	52
4.2.4	Zusammenhang zwischen der Probenentnahmestelle und den Gesamtkeimzahlen.....	53
4.2.5	Zusammenhang zwischen dem Alter der Dentaleinheiten und den Gesamtkeimzahlen.....	53
4.3	Legionellen, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und coliforme Bakterien	54
4.3.1	Überblick	54
4.3.2	Mögliche Auswirkungen von mit Legionellen oder <i>Pseudomonas aeruginosa</i> kontaminiertem Kühlwasser.....	55
4.3.3	Zusammenhang zwischen der Entkeimungsart und dem Vorkommen von Legionellen und <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	58
4.3.4	Zusammenhang zwischen Stagnationszeiten und dem Vorkommen von Legionellen und <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	58
4.3.5	Zusammenhang zwischen dem Alter der Dentaleinheiten und dem Vorkommen von Legionellen und <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	58
4.3.6	Zusammenhang zwischen den Gesamtkeimzahlen und dem Vorkommen von Legionellen und <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	59
4.3.7	Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von <i>P. aeruginosa</i> und dem Vorkommen von Legionellen	59
4.4	Schlussfolgerungen	59
5	Zusammenfassung.....	61
6	Literaturverzeichnis	62

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ADA	American Dental Association
Art.-Nr.	Artikelnummer
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
Cl ₂	Chlor
ClO ₂	Chlordioxid
d. h.	das heißt
Di	Dienstag
EPS	Extrazelluläre polymere Substanzen
et al.	et alii
Fa.	Firma
HCl	Hydrogenchlorid
HCIO	hypochlorige Säure
H ₂ O ₂	Wasserstoffperoxid
KBE	koloniebildende Einheiten
KCl	Kaliumchlorid
l	Liter
<i>L. bozmanii</i>	<i>Legionella bozmanii</i>
<i>L. pneumophila</i>	<i>Legionella pneumophila</i>
m	Meter
mg	Milligramm
ml	Milliliter
Mo	Montag
µm	Mikrometer
n	Anzahl
NaOH	Natriumhydroxid
O ₂	Sauerstoff
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
PCR	Polymerase chain reaction
s.	siehe
USA	United States of America
Vol.-%	Volumprozent

1 Einleitung

1.1 Zahnärztliche Einheiten

Seit fast 40 Jahren wird in der Literatur immer wieder über eine hohe mikrobielle Belastung des Kühlwassers zahnärztlicher Einheiten berichtet (Blake 1963, Grün und Crott 1969, Kelstrup et al. 1977, Blume und Schmidt 2000, Jatzwauk und Reitemeier 2002a, Bierhenke und Schmage 2002). Dieses Kühlwasser wird zum hochoptimierten Präparieren, aber auch zum Zahnsteinentfernen mittels Ultraschall benötigt, denn ohne Kühlung würde es dabei zu einer Überhitzung der Zähne und infolge dessen zu Pulpaschädigungen kommen.

Das Kühlwasser stammt in Deutschland in der Regel aus dem Hausinstallationssystem und gelangt über ein verzweigtes Schlauchsystem innerhalb der Behandlungsstühle zu den Arbeitsinstrumenten des Zahnarztes. Zu diesen gehören das Ultraschallgerät, die Luft-Wasser-Spritze auf Zahnarzt- und Helferinnenseite sowie die Turbinen und Winkelstücke.

Moderne zahnärztliche Einheiten sind komplexe technische Geräte, die dem Zahnarzt einen hohen Behandlungskomfort bieten. Konstruktionsbedingt können sie jedoch gleichzeitig eine Schwachstelle in der „Hygienekette“ darstellen (Blume und Schmidt 2000).

Beim Austritt von Kühlwasser an den Arbeitsinstrumenten kann es zur Bildung von Aerosolen mit einer Partikelgröße von weniger als 5 µm kommen, welche von Behandlern und Patienten eingeatmet werden (Blume und Schmidt 2000, Bierhenke und Schmage 2002, Jatzwauk und Reitemeier 2002b). Weiterhin kann Kühlwasser vom Patienten verschluckt oder in sein Gewebe inokuliert werden, weshalb es eine möglichst gute mikrobiologische Qualität besitzen und frei von Krankheitserregern sein sollte.

Besonders in den letzten Jahren erhielt dieses Thema vermehrte Aufmerksamkeit in der Literatur, wohingegen es in der Alltagspraxis auch heute oft noch wenig ernst genommen wird.

1.2 Mikrobiologische Kontamination zahnärztlicher Einheiten

Im zahnärztlichen Kühlwasser wurden Mikroorganismen (insbesondere Bakterien) in Konzentrationen von bis zu mehreren Millionen koloniebildenden Einheiten pro Milliliter (KBE/ml) gemessen (Blake 1963, Grün und Crott 1969, Fitzgibbon et al. 1984, Borneff 1986, Martin 1987, Douglas und van Noort 1993, Pankhurst und Philipott-Howard 1993, Barbeau und Nadeau 1997, Jatzwauk und Reitemeier 2002). In verschiedenen Studien zeigte sich,

dass die Bakterienkonzentration des austretenden Kühlwassers die des zufließenden Wassers oft um ein Vielfaches übersteigt (Schulze-Röbbecke et al. 1995) und auch deutlich oberhalb der zulässigen Höchstgrenze für Trinkwasser von 100 KBE/ml liegen kann (Borneff 1993, Tonetti-Eberle und Mombelli 2001). Die American Dental Association forderte bereits 1995, dass bis zum Jahr 2000 eine maximale Bakterienkonzentration von 200 KBE/ml in Dentaleinheiten erreicht werden solle. Das Robert-Koch-Institut forderte 1998, diese Zahl auf 100 KBE/ml zu begrenzen.

Es handelt sich bei den im Kühlwasser von Dentaleinheiten vorkommenden Mikroorganismen meist um Wasserbakterien, die normalerweise in niedrigen Konzentrationen auch im Trinkwasser vorhanden sind (Barbeau und Nadeau 1997). Hauptsächlich sind dies gramnegative, heterotrophe autochthone Bakterien, die nur ein geringes Infektionspotenzial für gesunde Patienten besitzen (American Dental Association 1999). Manche der vorkommenden Mikroorganismen jedoch, z. B. *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila* oder auch nichttuberkulöse Mykobakterien (Borneff 1993, Challacombe und Fernandes 1995, Schulze-Röbbecke et al. 1995, Jatzwauk et al. 2000) sind opportunistische Krankheitserreger und stellen eine potenzielle Gefahr für Patienten und Behandlungsteam dar (Furuhashi und Miyamae 1985, Reinthaler und Mascher 1986, Borneff 1993, Atlas et al. 1995, Zanetti et al. 2000). Des Weiteren wurden im Kühlwasser auch Klebsiellen, Moraxellen, Flavobakterien sowie Mundhöhlenkeime wie Laktobazillen, Streptokokken und *Bacteroides*-Arten gefunden (American Dental Association 1999).

1.2.1 Technische Aspekte

Es gibt zwei Hauptquellen der mikrobiellen Belastung des Wassers in zahnärztlichen Einheiten. Einerseits scheinen die vorgeschalteten Trinkwasserleitungen verantwortlich zu sein, die stets eine gewisse Anzahl an Mikroorganismen enthalten (Jatzwauk und Reitemeier 2002b). Durch Stagnation oder „tote“ Rohrstücke im Leitungssystem können sich diese besonders gut vermehren.

Andererseits kommen sogenannte Rücksaugeffekte in Frage (Bierhenke und Schmage 2002). Turbinen und Winkelstücke verfügen meist über ein Rücksaugventil, welches dafür sorgt, dass eine geringe Menge Wasser in das Winkelstück zurückgesaugt wird, wenn der Bohrer aufhört, sich zu drehen. Damit soll ein Nachtropfen verhindert werden. Durch diesen Mechanismus können jedoch Mikroorganismen des Patienten ins Innere der Winkelstücke eingesaugt werden (Gräf und Vollmuth 1977, Exner et al. 1981). Gräf und Vollmuth wiesen 1977 im Modellversuch eine innere Kontamination von Turbinen durch diesen

Rücksaugmechanismus nach. Zur Verringerung dieses Problems ist heute vielfach ein Rücksaughemmventil nachgeschaltet (Bierhenke und Schmage 2002).

Besonders die autochthone aquatische Mikroflora tendiert zur Bildung von Biofilmen an den Grenzflächen zwischen fester und flüssiger Phase. Im Falle von Dentaleinheiten findet man meist eine ausgeprägte Biofilmbildung auf den Schlauchinnenwänden, die insgesamt eine große Fläche bilden. Von den Biofilmen lösen sich immer wieder kleine „Fetzen“ ab und führen zu einer starken Fluktuation der im austretenden Wasser nachweisbaren Mikroorganismen (Lizotte et al. 1991, Bednarsh et al. 1996, Peters und McGaw 1996, Cartwright und Olsen 1997, Lee et al. 2001).

Faktoren wie Typ der zahnärztlichen Einheit, Materialbeschaffenheit (Schläuche, Oberflächen, Bauteile), Wassertemperatur, Durchflussrate, Standzeiten und Tageszeit beeinflussen das Kontaminationsgeschehen innerhalb der Einheit (Borneff et al 1993).

1.2.1.1 Biofilmentstehung

Die Biofilmbildung ist ein natürliches Phänomen und stellt eines der größten Probleme bezüglich der Wasserqualität in zahnärztlichen Einheiten dar (Mayo und Oertling 1990, Whitehouse et al. 1991). Bakterien haben eine natürliche Tendenz, sich an Oberflächen anzulagern, und in wasserführenden Systemen wurde nachgewiesen, dass die Zahl der auf Oberflächen anhaftenden Bakterien die der freischwimmenden weit übersteigt (Barbeau und Nadeau 1997).

Biofilme entstehen, wenn Mikroorganismen sich an Grenzflächen anlagern, akkumulieren und dort vermehren. Ein Biofilm kann als Gel aus organischen Polymeren betrachtet werden, in das lebende Mikroorganismen eingebettet sind. Man nimmt Biofilme als schmierige Oberflächenbeläge wahr, sie sind ubiquitär.

1.2.1.2 Zusammensetzung von Biofilmen

Biofilme bestehen zum größten Teil aus Wasser (50 - 95 %), in dem vier Komponenten vorkommen: Mikroorganismen, extrazelluläre polymere Substanzen (EPS), eingelagerte Partikel und gelöste Stoffe. Die organische Masse des Biofilms besteht, bezogen auf die Trockenmasse, zu 60 - 98 % aus EPS. In aeroben Systemen können Biofilme zur Bildung anaerober Bereiche an der Biofilmbasis führen. Dort können sich Anaerobier ansiedeln (Siegert 1998).

1.2.1.3 Bedeutung von Biofilmen

Mikroorganismen in Biofilmen haben gewisse Vorteile gegenüber frei schwimmenden Zellen. Sie sind besser geschützt gegen Biozide, denn diese erreichen meist nur die oberen Schichten des Biofilmes. Die tiefer liegenden Bakterien hingegen können überleben und sich weiter vermehren. Es ist für die üblichen Desinfektionsmittel in vielen Fällen unmöglich, die so geschützten Mikroorganismen mit der normalerweise bakteriziden Konzentration abzutöten. Biofilmbakterien sind bis zu tausendfach resistenter gegen Desinfektionsmittel als frei schwimmende Bakterien (Clappison 1997b, Barbeau et al. 1998, Reynold 1998).

Weiterhin sind Mikroorganismen in Biofilmen besser vor pH-Schwankungen und Temperaturänderungen geschützt und können auch bei geringem Nährstoffangebot überleben, da sich die tieferen Schichten teilweise aus den Abbauprodukten der oberflächlichen Schichten ernähren. Man kann die Bildung von Biofilmen als universelle Strategie der Bakterien zum Überleben und zur optimalen Positionierung gegenüber der verfügbaren Nahrung ansehen (Barbeau et al. 1998).

1.2.1.4 Biofilme in zahnärztlichen Einheiten

Folgende Faktoren begünstigen die Biofilmbildung in zahnärztlichen Einheiten:

- das Schlauchmaterial Kunststoff, welches heute hauptsächlich verwendet wird (Borneff 1993, Williams J et al. 1996a),
- die Stagnation der Wassersäule in den Einheiten während langer Zeiträume, z. B. nachts, an Wochenenden, in Urlaubszeiten (Borneff 1993, American Dental Association 1996a, Barbeau 2000, Tonetti-Eberle und Mombelli 2001),
- das enge Lumen und das daraus resultierende große Oberflächen-Volumen-Verhältnis (Borneff 1993, American Dental Association 1996a, Pankhurst et al. 1998),
- die geringe Strömungsgeschwindigkeit (Borneff 1993),
- die geringe Durchflussrate (Borneff 1993),
- günstige Temperaturverhältnisse, da das Wasser zum Zweck des Patientenkomforts häufig erwärmt wird (Borneff 1993, Bierhenke und Schmage 2002).

Bereits 1977 verbanden Kelstrup et al. die Bildung von Biofilmen in zahnärztlichen Einheiten mit dem Vorkommen hoher Bakterienspiegel im Kühlwasser.

Die Bildung eines Biofilmes in einer neuen Dentaleinheit geschieht innerhalb von acht Stunden nach deren Anschluss an die Hauswasserleitung. Bereits nach sechs Tagen ist der Höhepunkt erreicht (Pankhurst et al. 1998). Barbeau et al. wiesen 1996 in einer kanadischen

Studie innerhalb von weniger als fünf Tagen nach Installation einer neuen Einheit bis zu 200.000 KBE/ml im austretenden Kühlwasser nach.

Problematisch ist, dass sich in Biofilmen in zahnärztlichen Schläuchen neben harmlosen Bakterien auch fakultativ pathogene Keime so stark vermehren können, dass sie möglicherweise ein Gesundheitsrisiko für Patienten und Behandlungsteam darstellen (Barbeau und Nadeau 1997). Biofilme können beispielsweise ein wichtiger Ort für das Wachstum von Mykobakterien sein (Schulze-Röbbecke et al. 1992).

Neben ihrer Bedeutung als potentielle Infektionsquelle kann die Formierung eines Biofilmes in Dentaleinheiten auch zu Funktionsbeeinträchtigungen führen, indem die Schläuche verstopfen (Barbeau et al. 1996).

1.2.2 Medizinische Aspekte

Das aus zahnärztlichen Einheiten austretende Kühlwasser gelangt zum einen direkt in den Patientenmund, von wo aus es über offene Wunden, wie sie beim Zahnsteinentfernen mittels Ultraschall oder bei chirurgischen Eingriffen entstehen, den Blutkreislauf erreichen kann. Zum anderen wird in den Winkelstücken und Turbinen ein feines Aerosol gebildet, welches von Behandlern, Helferinnen und Patienten eingeatmet wird. Bentley et al. wiesen 1994 in einer Studie nach, dass dieses Aerosol sich weit im Raum verteilt und sogar unter den Mundschutz des Behandlers gelangen kann. Deshalb sind Infektionsrisiken nicht auszuschließen, wenn zahnärztliches Kühlwasser fakultativ pathogene Mikroorganismen in höherer Konzentration enthält.

Insbesondere mit Bakterien wie Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa* werden solche Infektionsrisiken für Patienten und Behandlungsteam assoziiert.

1.2.2.1 Legionellen

L. pneumophila mit seinen 14 Serogruppen ist der häufigste Vertreter der Legionellen. Sie ist ein gramnegatives Stäbchen. Eine Besonderheit ist das weite Temperaturspektrum, in dem Legionellen vorkommen (0 - 63 °C). Eine Vermehrung findet zwischen 25 °C und 50 °C statt (Heeg 1999). Durch Inhalation legionellenhaltiger Aerosole mit einem Durchmesser von weniger als 5 µm kann es zu Krankheiten wie der Legionnärkrankheit und dem Pontiac-Fieber kommen. Deshalb wird vermutet, dass Legionellen auch über den bei der zahnärztlichen Behandlung entstehenden Spraynebel übertragen werden können. Durch das Trinken von legionellenhaltigem Wasser kommt es beim gesunden Menschen nicht zu einer Infektion. *L. pneumophila* besitzt ein besonderes Gen, welches für die Zellinvasion und

intrazelluläres Wachstum verantwortlich ist, deshalb ist diese Spezies virulenter als andere (Atlas et al. 1995).

In verschiedenen Studien wurden immer wieder Legionellen in Dentaleinheiten gefunden (Reinthaler und Mascher 1986, Atlas et al. 1995, Challacombe und Fernandes 1995, Williams H et al. 1996, Zanetti et al. 2000).

Andere Untersuchungen wiesen einen stark erhöhten Antikörpertiter gegen Legionellen bei Zahnärzten, Helferinnen und Zahntechnikern im Vergleich zu einer nichtmedizinisch arbeitenden Kontrollgruppe nach (Fotos et al. 1985, Reinthaler et al. 1988). Die Höhe des Titers war unter anderem abhängig von der Dauer der Arbeitszeit in der Klinik, weshalb man davon ausging, dass die zahnärztlichen Wasserleitungen die wahrscheinliche Quelle der Legionelleninfektionen waren.

1.2.2.2 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa ist ein aerobes, gramnegatives Stäbchen, das auf dem Weg der Kontaktinfektion übertragen werden kann. Es ist in der Lage, sich bei minimalem Nährstoffangebot zu vermehren und wurde bereits häufig im Kühlwasser von Dentaleinheiten nachgewiesen (Reinthaler und Mascher 1986, Martin 1987, Borneff 1993, Blume und Schmidt 2000, Jatzwauk und Reitemeier 2002b). *P. aeruginosa* kann Pneumonien, Augen-, Ohren- und Wundinfektionen sowie Sepsis hervorrufen.

In einer Studie von Jensen et al. (1997) wurden identische *Pseudomonas*-Genotypen im Wasser einer zahnärztlichen Einheit und im Sputum eines dort behandelten Patienten gefunden. 1987 machte Martin eine ähnliche Entdeckung. Zwei Krebspatienten, die eine Bestrahlung hinter sich hatten, bekamen nach einer zahnärztlichen Behandlung Abszesse an der Mundschleimhaut, in denen die selben Pseudomonaden nachgewiesen werden konnten wie im Wasser der Einheiten, an denen sie behandelt wurden.

Weiterhin wies Martin 1987 an 78 gesunden Patienten nach, dass *P. aeruginosa* durch kontaminierte zahnärztliche Einheiten in die Mundhöhle von Patienten gelangen kann, allerdings waren die Bakterien fünf Wochen später wieder aus der Mundhöhle verschwunden. Eine Übertragung scheint also grundsätzlich möglich.

Insbesondere Mukoviszidosepatienten sind durch *P. aeruginosa* gefährdet (Pier 1998). Ihre Lungen werden häufig durch diesen Keim befallen (Barbeau Nadeau 1997), was für diese Patienten eine Lebensgefahr darstellt.

1.2.2.3 Fazit

Bei gesunden Patienten wurden bislang keine Infektionen durch kontaminierte zahnärztliche Wasserleitungen beschrieben. Denkbar ist jedoch, dass aufgetretene Infektionskrankheiten nicht mit einem vorausgegangenem Zahnarztbesuch in Verbindung gebracht wurden oder beispielsweise Pontiac-Fieber mit anderen grippeähnlichen Krankheiten verwechselt wurde. Ein allgemeines Gesundheitsrisiko scheint nicht zu bestehen (American Dental Association 1996b), obwohl immungeschwächte Patienten gefährdet zu sein scheinen (American Dental Association 1999). Dazu gehören neben Mukoviszidosepatienten AIDS- und Hepatitis-Erkrankte, Diabetiker, Transplantierte, Krebspatienten und die immer größer werdende Gruppe der älteren Patienten (Barbeau et al. 1998).

1.2.3 Bisherige Lösungsvorschläge

Da aufgrund der technischen Gegebenheiten eine mechanische Reinigung der engen Schläuche in Dentaleinheiten nicht möglich ist, wird bereits seit vielen Jahren versucht, der Keimbeseidlung des zahnärztlichen Kühlwassers mit verschiedensten anderen Methoden entgegenzutreten. Solche Maßnahmen sollten einfach, schnell, günstig und zuverlässig wiederholbar sein (Christensen et al. 1998).

In jedem Fall sollte das zufließende Leitungswasser eine gute Qualität besitzen, so dass auf diesem Weg möglichst wenig Mikroorganismen in das Schlauchsystem der Einheit gelangen.

Es wurden bisher verschiedene Lösungsmöglichkeiten vorgeschlagen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

1.2.3.1 Chemische Wasserzusätze

In der Vergangenheit wurden bereits viele Studien mit chemischen Wasserzusätzen wie Natriumhypochlorit (Fiehn und Hendriksen 1988, Pankhurst et al. 1990, Challacombe und Fernandes 1995, Joergensen et al. 1999, Karpay et al. 1999, Meiller et al. 1999, Kim et al. 2000), Wasserstoffperoxid (Exner et al. 1987, Filippi 1997, Bierhenke et al. 2000, Demuth und Dunkelberg 2000, Behringer und Jatzwauk 2001, Linger et al. 2001, Meiller et al. 2001b, Bierhenke und Schmage 2002, Jatzwauk und Reitemeier 2002b, Pietsch et al. 2002), Glutaraldehyd (Urbani et al. 1990, Douglas und Rothwell 1991, Christensen et al. 1998), Chlorhexidin (Puttaiah et al. 1998), Ethanol (Eleazer et al. 1997), Ethanol und Polyvinylpyrrolidon-Jod (Mills 1986) oder Ozon (Filippi et al. 1991) durchgeführt, die entweder dauerhaft oder intermittierend in das Wassersystem eingeleitet wurden.

Chemische Zusätze sind nicht ganz unproblematisch. Sie können zu Schäden an der Einheit führen wie beispielsweise zur Korrosion von Metallteilen durch Natriumhypochlorit (Clappison 1997b). Außerdem bergen solche Desinfektionsmittel gewisse Gesundheitsrisiken (Anonymus 1998). Glutaraldehyd beispielsweise ist ein starkes Allergen, es ist schädlich für Lunge und Haut (Pankhurst et al. 1998). Eine Chlorung führt zu Geschmacks- und Geruchsbeeinträchtigungen. Durch einige Desinfektionsmittel sind Beeinträchtigungen zahnärztlicher Materialien wie Schmelz- und Dentinadhäsiven zu befürchten (American Dental Association 1999, Roberts et al. 2000). Häufig bewirken chemische Wasserzusätze leider lediglich eine Abtötung frei schwimmender Bakterien, wohingegen die Biofilmbakterien kaum beeinflusst werden (Exner et al. 1987, Reynold 1998). Dementsprechend ist eine Keimzahlreduktion durch chemische Mittel oft nur zeitbegrenzt (Pankhurst et al. 1998). Nach deren intermittierendem Einsatz kann es rasch zu einer Rekolonisation kommen.

Generell gilt für Desinfektionsmittel in zahnärztlichen Einheiten, dass sie ein möglichst breites Wirkungsspektrum besitzen, nichttoxisch und nicht umweltbelastend sein sollten (Pankhurst et al. 1998).

1.2.3.2 Durchspülen der Einheiten vor dem Gebrauch

Vom Robert-Koch-Institut (1998) wird gefordert, die wasserführenden Schläuche der Einheiten für einige Minuten vor Behandlungsbeginn am Morgen sowie für 20 - 30 Sekunden zwischen den einzelnen Patienten zu durchspülen. Diese Maßnahme soll dazu dienen, Wasser, welches nach längeren Standzeiten der Einheiten stagnationsbedingt besonders hohe Bakterienkonzentrationen enthalten kann, auszuspülen und so die Wasserqualität für die nachfolgenden Patienten zu verbessern.

In Studien von J. Williams und Johnston (1993), Prevost et al. (1995), Peters und McGaw (1996), Merne et al. (2000) sowie von Tonetti-Eberle und Mombelli (2001) konnte nachgewiesen werden, dass ein- bis mehrminütiges Spülen die Keimzahlen um bis zu 99 % reduzieren konnte. Dennoch war die verbleibende Keimbelastung meist noch sehr hoch, oder die Keimzahlen stiegen anschließend relativ schnell wieder an.

1.2.3.3 Rücksaughemmventile

Klappen, die in die Motoren eingebaut werden, verhindern das Ansaugen von Bakterien aus der Mundhöhle und somit deren Besiedlung der Wasserleitungen der Einheiten. Die modernen Einheiten sind meist mit solchen Klappen ausgestattet. Diese sollten regelmäßig gewartet werden. Trotz der Verwendung von Klappen kann es teilweise noch zu einem

Rücksaugeffekt kommen (Barbeau et al. 1998). In den meisten Fällen jedoch sorgen Rücksaughemmventile für Einheiten, die frei von oralen Bakterien sind (Prevost et al. 1995).

1.2.3.4 Mikrofilter

Es wurden Mikrofilter mit 0,2 µm Porengröße entwickelt, welche möglichst nah vor den Winkelstücken bzw. der Luft-Wasser-Spritze in das Schlauchsystem eingebaut werden und die im Wasser enthaltenen Mikroorganismen am Austreten hindern. Den in den Schläuchen enthaltenen Biofilm beeinflussen sie jedoch nicht. Solche Filter müssen täglich bis wöchentlich gewechselt werden, was Zeit in Anspruch nimmt und Kosten verursacht. Bei längeren Standzeiten können solche Filter von Mikroorganismen „durchwachsen“ werden, was dazu führt, dass teilweise höhere Bakterienzahlen auftreten als ohne Filter. Weiterhin ist eine chemothermische Desinfektion der Leitungsstücke zwischen Filter und Arbeitsinstrument erforderlich (Jatzwauk und Reitemeier 2002b).

Mayo und Brown untersuchten 1999 den optimalen Einsatzort solcher Filter und stellten fest, dass bei Einbau nahe der Arbeitsinstrumente eine Keimreduktion von 97 % erfolgte, es bei Filtereinbau in 1,8 m Entfernung hingegen zu keiner Reduktion kam. Allerdings fand man heraus, dass auch bei austrittsnahem Einsatzort eine Rekontamination des Wassers bei der Passage durch die Luft-Wasser-Spritze selbst erfolgte, so dass Keimwerte von bis zu 1.300 KBE/ml gemessen wurden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Murdoch-Kinch et al. 1997.

Schneider et al. kamen 2001 zu dem Ergebnis, dass ein Filtereinbau in zwei Einheiten mit schlechten Ausgangswerten zu Kühlwasser mit Trinkwasserqualität führte. Es waren jedoch alle drei bis vier Tage eine Filterreinigung und die Entfernung des Biofilmes distal der Filter notwendig.

Wuesthoff berechnete im Jahre 2001, dass solche Filter pro Jahr und Behandlungsstuhl etwa Kosten in Höhe von 2000 US-Dollar hervorrufen.

1.2.3.5 Anodische Oxidation

Marais und Brozel wiesen 1999 die gute Wirkung von elektrochemisch aktiviertem Wasser gegen Biofilme in Dentaleinheiten nach. Hierbei kommt es über Redoxreaktionen zur Bildung von Stoffen wie ClO_2 , HClO , Cl_2 , H_2O_2 , NaOH und O_2 . Die so entstandenen freien Radikale sind in der Lage, die Biofilmmatrix zu verletzen. Diese kollabiert und die Bakterien werden weiteren freien Radikalen ausgesetzt. Bedenken bezüglich der kanzerogenen Wirkung

weisen die Autoren mit der Begründung ab, dass nur kleine Mengen Wasser pro Patient verwendet werden.

Auch Behringer und Jatzwauk berichteten 2001 über die gute Wirksamkeit dieser Methode. Die Kosten seien niedrig, und es müssen keine externen Chemikalien zugeführt werden.

Ebenfalls gute Ergebnisse mit der anodischen Oxidation erreichten Jatzwauk und Reitemeier (2002b). Die Gesamtkeimzahlen lagen bei ihrer Studie kontinuierlich bei unter 100 KBE/ml. Allerdings traten bei höheren Konzentrationen freien Chlors (> 1 mg/l) teilweise Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen auf. Außerdem wurde nach einigen Monaten eine deutliche Alterung der Elektroden beobachtet, durch welche die Wirkung der Anlage nachließ. Daher wiesen die Autoren darauf hin, dass vor einem breiten Einsatz in Praxen Untersuchungen über die Verwendbarkeitsdauer notwendig seien.

Nachteile der anodischen Oxidation sind Korrosionen von Metallteilen in der Einheit und mögliche Schwankungen der Konzentration freier Radikale durch unterschiedliche Mengen an elektrochemisch oxidierbaren Elektrolyten im Ausgangswasser. Eine ausreichende Menge an Mineralstoffen im zufließenden Wasser ist Voraussetzung für diese Desinfektionsmethode (Jatzwauk und Reitemeier 2002a).

1.2.3.6 Sterile Wasserlieferungssysteme

Sterile Wasserlieferungssysteme umgehen die zahnärztliche Einheit. Mit ihrer Hilfe können sterile Lösungen durch autoklavierbare oder Einweg-Schläuche geleitet werden. Hierbei kann eine Biofilmbildung komplett vermieden werden. Sie sollten bei chirurgischen Eingriffen zum Einsatz kommen (Pankhurst et al. 1998). Nachteilig ist ihr hoher Preis und ihre unkomfortable Bedienung. Nach jedem Patienten müssen diese Systeme sterilisiert werden.

1.2.3.7 Geschlossene Wassersysteme

Diese vorwiegend in den USA zum Einsatz kommenden Systeme umgehen die Hauswasserleitung. Es werden Behälter mit sterilem Wasser gefüllt, welche die Einheit speisen. Somit wird die Gefahr der Keimbesiedelung durch Trinkwasserbakterien ausgeschlossen. Es ist allerdings notwendig, verschiedene Desinfektionsmittel zuzusetzen und es muss eine regelmäßige mechanische Reinigung erfolgen, um die Bildung eines Biofilmes zu verhindern. Durch Wartungsfehler kann es zu einem sehr starkem Bakterienwachstum kommen (Williams H et al. 1994a, Christensen et al. 1998). In Deutschland werden solche Einheiten nur äußerst selten verwendet.

1.2.3.8 Erfolg dieser Maßnahmen

Meist stellte man fest, dass durch die bisherigen Maßnahmen zwar kurzfristig eine vollständige Beseitigung der zuvor festgestellten Keime erreicht werden konnte, es jedoch auch schnell zu einer Rekontamination des Kühlwassers und zu Schäden an den wasserführenden Teilen kam. Hohe Kosten und Gefährdungen des Patienten mussten hingenommen werden (Bierhenke und Schmage 2002). Derzeit scheint keine der oben beschriebenen Methoden in der Lage zu sein, die häufig hohe Bakterienbesiedelung zahnärztlicher Kühlwasserleitungen vollständig zu bekämpfen. Gerade in einer medizinischen Einrichtung wie einer Zahnarztpraxis werden jedoch einwandfreie hygienische Verhältnisse erwartet. Wasser, das mit Patienten in Berührung kommt, sollte eine gute Wasserqualität aufweisen und nicht ein potenzielles Infektionsrisiko darstellen. In den USA gab es bereits Gerichtsverfahren von Patienten, die behaupteten, durch kontaminiertes Wasser aus Dentaleinheiten krank geworden zu sein (Clappison 1997b, Mills 2000).

1.3 Ziele der Arbeit

Die meisten der veröffentlichten Studien wurden in großen Kliniken durchgeführt, wo Hauswasserleitungssystem, Patientenkollektiv und –aufkommen, Alter und Ausstattung der Einheiten sowie Standzeiten sich zum Teil deutlich von Praxen im niedergelassenen Bereich unterscheiden. Auch sind zur Verfügung stehendes Personal sowie finanzielle Mittel in niedergelassenen Praxen nicht mit Klinikbedingungen vergleichbar.

Daher war es Ziel dieser Studie, eine Bestandsaufnahme der Wasserqualität zahnärztlicher Einheiten in niedergelassenen Praxen durchzuführen. Zur Beurteilung der Wasserqualität wurden die Gesamtbakterienzahl sowie das Vorkommen von Legionellen, *P. aeruginosa* und coliformen Bakterien herangezogen.

Es sollte ein Eindruck gewonnen werden, inwieweit Patienten und Behandlungsteams unter Praxisbedingungen täglich mit kontaminiertem Wasser in Berührung kommen und ob somit eventuell ein Gesundheitsrisiko bei der zahnärztlichen Behandlung in niedergelassenen Praxen denkbar wäre.

Dabei wurden verschiedene Parameter berücksichtigt wie das Vorhandensein von Entkeimungsanlagen, das Alter der Einheiten, die Probenentnahmestelle, der Probenentnahmezeitpunkt sowie die Qualität des Leitungswassers in den einzelnen Praxen.

2 Material und Methoden

2.1 Probenherkunft

Im Raum Neuss, Köln, Düsseldorf, Monheim, Grevenbroich und Rheinberg wurden von Februar bis April 2002 in 13 Praxen niedergelassener Zahnärzte insgesamt 276 Wasserproben aus 46 zahnärztlichen Behandlungseinheiten der Firmen KaVo (Biberach / Deutschland) und Sirona (Bensheim / Deutschland) entnommen und hinsichtlich ihrer bakteriologischen Wasserqualität untersucht (siehe Abbildung 1). Weiterhin erfolgte zum Vergleich die Untersuchung von 13 Proben aus je einem Waschbecken der entsprechenden Praxen.

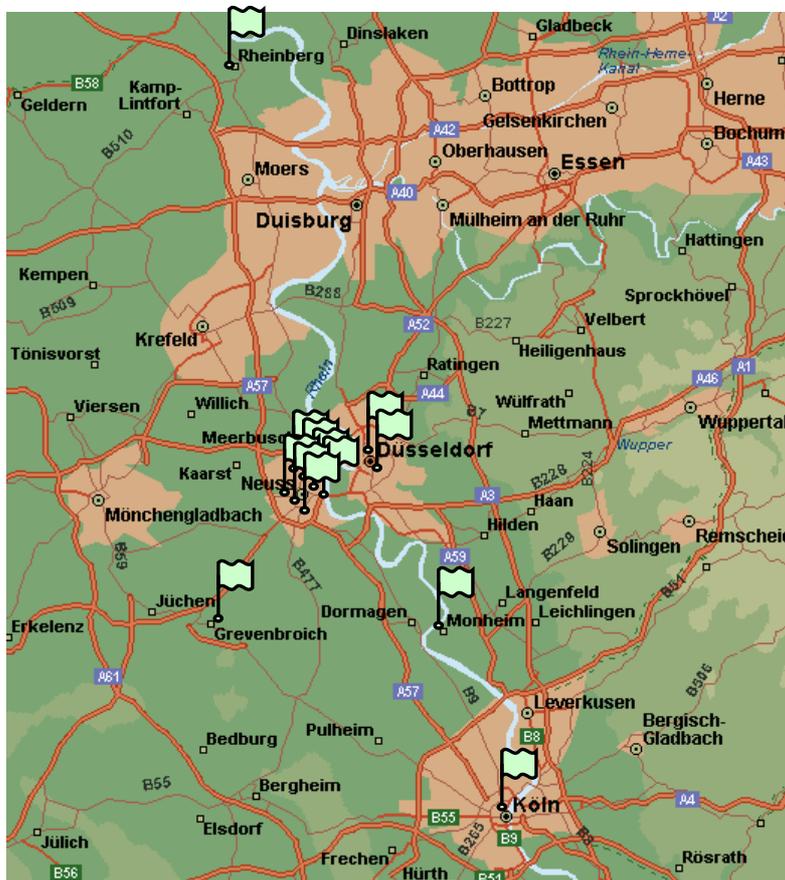


Abb. 1: Räumliche Verteilung der Praxen

Es handelte sich um drei verschiedene Gruppen von Dentaleinheiten. Die erste Gruppe ($n = 20$) verfügte über eine Dauerentkeimung, d. h. dem Wasser wurde kontinuierlich ein niedrig dosiertes Desinfektionsmittel zugeführt. Die Einheiten der zweiten Gruppe ($n = 10$) waren zusätzlich mit einer Intensiventkeimung ausgestattet, d. h. zusätzlich zur permanenten, niedrig dosierten Desinfektionsmittelzufuhr wurde einmal wöchentlich

Desinfektionsmittel in höherer Dosierung in die Einheit eingeschleust und dort für einige Zeit belassen, bevor es wieder ausgespült wurde. Die dritte Gruppe (n = 16) verfügte über keinerlei Entkeimung.

Art und Anzahl der untersuchten Einheiten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Dauerentkeimung (n = 20)		Intensiventkeimung (n = 8)		Keine Entkeimung (n = 16)	
Sirona M1	18	KaVo Estetica	6	KaVo Esthetica	7
Sirona C2	1	KaVo Systematica	2	KaVo Systematica	6
Sirona E2	1			Sirona M1	2
				Sirona E2	1

Bei dem Desinfektionsmittel für die Dentaleinheiten mit Dauerentkeimung handelte es sich um eine Lösung aus Wasserstoffperoxid, Silber- und Phosphationen. Für die Sirona M1- und E2-Einheiten wurde Dentosept PL verwendet (Fa. Sirona), bestehend aus 0,94 Vol.-% H_2O_2 , 0,017 mg Silber und 0,00024 mg Phosphat pro Liter, während für die Sirona C2-Einheit Dentosept P angewendet wurde (Fa. Sirona), welches 1,41 Vol.-% H_2O_2 , 0,25 mg Silber und 0,00036 mg Phosphat pro Liter enthält. Diese Desinfektionsmittel wurden dem Wasser der Einheiten dauerhaft in einer Konzentration von 1:100 zugeführt, wobei alle Arbeitsinstrumente der Einheit mit diesem Wasser gespeist wurden. Auch das aus den Instrumenten austretende Wasser enthielt also das entsprechende Desinfektionsmittel.

Die in dieser Studie untersuchten zahnärztlichen Einheiten mit Intensiventkeimung stammten alle von der Firma KaVo. Bei diesen Einheiten wurde Oxygenal (Fa. KaVo) als Desinfektionsmittel verwendet, welches 6 Vol.-% H_2O_2 sowie Silber und Phosphat enthält. Dieses wurde den wasserführenden Leitungen automatisch in verschiedenen Mengen zugesetzt. Während der kontinuierlichen Desinfektion war die Zufuhr geringer (1:200), während der Intensiventkeimung höher (1:24). Wie bei den Einheiten mit Dauerentkeimung enthält auch bei den Einheiten mit Intensiventkeimung das aus den Arbeitsinstrumenten austretende Wasser das entsprechende Desinfektionsmittel, während der Patientenbehandlung jedoch lediglich in der zur kontinuierlichen Wasserdeseinfektion verwendeten niedrigen Dosierung.

Die Wasserproben wurden je Einheit an drei verschiedenen Stellen entnommen, und zwar aus der Turbine (bzw. falls keine Turbine vorhanden, aus dem roten Winkelstück), dem

Ultraschallgerät zur Zahnsteinentfernung sowie aus der Luft-Wasser-Spritze auf der Helferinnenseite.

Zusätzlich wurde je Praxis eine Wasserprobe aus dem Waschbecken eines Behandlungszimmers genommen.

2.2 Probenentnahme

Jede Praxis wurde zweimal beprobt. Die erste Probenentnahme erfolgte montags morgens vor Behandlungsbeginn, nachdem die Einheiten über das Wochenende außer Betrieb waren. Die zweite Probenentnahme fand dienstags im Laufe des Behandlungsbetriebes statt.

Die zweifache Probenentnahme diente bei Einheiten mit Dauerentkeimung bzw. ohne Entkeimung zur Feststellung, ob Stagnationsphasen am Wochenende bzw. der Wasserdurchsatz während der Behandlungszeiten Veränderungen der Keimzahlen bewirken.

Bei den Einheiten mit Intensiventkeimung wurde jeweils am Freitag zuvor die Entkeimung angestellt, d. h. das stärker konzentrierte Desinfektionsmittel wurde eingeleitet. Die Entkeimung wurde montags vor der Probenentnahme beendet. Es sollte untersucht werden, ob sich die Keimzahlen nach längerer Patientenbehandlung im Vergleich zu den Werten direkt nach der Intensiventkeimung verändern.

Vor der Probenentnahme wurden Turbine, Ultraschallgerät und Luft-Wasser-Spritze mit einem handelsüblichen Sprühdesinfektionsmittel (Hersteller je nach Praxis verschieden) desinfiziert. Die Turbine wurde vom Turbinenschlauch abgenommen, die Spitze des Ultraschallgerätes abgeschraubt und der Perlator des Wasserhahnes am Waschbecken entfernt. Der Ansatz der Luft-Wasser-Spritze blieb aufgesteckt.

Die Schläuche von Turbine, Ultraschallgerät und Luft-Wasserspritze auf der Helferinnenseite wurden vor der Probenentnahme jeweils eine Minute mit Wasser aus der Dentaleinheit durchgespült, dann erfolgte die Probenentnahme, ohne dass zwischendurch die Wasserzufuhr unterbrochen wurde. Etwa 10 ml Wasser wurden in sterilen Kunststoffgefäßen aufgefangen, die direkt nach dem Befüllen verschlossen wurden.

Die Wasserentnahme aus dem Waschbecken erfolgte nach fünfminütigem Durchlauf kalten Wassers auf die gleiche Weise wie bei den Einheiten.

Anschließend wurden die Wasserproben gekühlt ins Labor des Hygieneinstitutes Düsseldorf transportiert und dort verarbeitet. Sofern die Verarbeitung nicht unmittelbar nach Anlieferung erfolgte, wurden die Proben solange im Kühlschrank gelagert. Der Zeitraum von der Probenentnahme bis zur Probenverarbeitung betrug maximal fünf Stunden.

2.3 Probenverarbeitung

Jede der 289 Proben wurde bezüglich ihrer „Gesamtkeimzahl“ sowie auf das Vorkommen der als fakultativ pathogen geltenden Legionellen (insbesondere *L. pneumophila*) sowie auf *P. aeruginosa* und coliforme Bakterien untersucht.

Zur Bestimmung der „Gesamtkeimzahl“ wurde R2A-Agar verwendet (Firma Difco, Art.-Nr. 218263). Jeweils 0,1 ml der Probenflüssigkeit wurde nach Bildung von Verdünnungsreihen (1:10 bis 1:10.000) aus der Originalprobe und aus den jeweiligen Verdünnungsstufen auf dem R2A-Agar ausgespatelt und sieben Tage lang bei 20 °C bebrütet.

Bei der Untersuchung auf Legionellen nach Ruckdeschel (1992) wurde zunächst das Probenwasser im Verhältnis 1:1 mit einem Legionellenpuffer (HCl/KCl, pH 2,2) vermischt und eine Einwirkzeit von fünf Minuten abgewartet. Der Puffer setzte sich zusammen aus 25 ml 0,2 n (14,9 g/l) KCl und 3,35 ml 0,2 n HCl. Anschließend wurde je 1 ml des Probe-Puffer-Gemisches auf zwei verschiedene Selektivnährböden gegeben, die sich aus folgenden Komponenten der Firma Oxoid, Wesel, zusammensetzten:

- BMPA-Agar, bestehend aus Legionella CYE agar base (Art.-Nr. CM 655), Legionella BCYE growth supplement (Art.-Nr. SR 110) und Legionella-BMPA-Selektiv-Supplement (Art.-Nr. SR 111)
- MWY-Agar, bestehend aus Legionella CYE agar base (Art.-Nr. CM 655), Legionella BCYE growth supplement (Art.-Nr. SR 110) und Legionella-MWY-Selektiv-Supplement (Art.-Nr. SR 118)

Die Flüssigkeit wurde mit Drigalsky-Spateln auf den Nährböden verteilt, anschließend wurden die Platten sieben Tage bei 37 °C bebrütet. Sofern Wachstum vorhanden war, wurden im Anschluss die Kolonien sowohl auf Columbia-Blutagar (Firma Difco) als auch auf BCYE α -Agar (Legionella CYE agar base, Oxoid Art.-Nr. CM 655, und Legionella BCYE growth supplement, Oxoid Art.-Nr. SR 110) subkultiviert. Es erfolgte erneut eine Bebrütung über 24 Stunden bei 37 °C und eine anschließende Wachstumskontrolle.

Für die Untersuchung der Proben auf *Pseudomonas aeruginosa* wurde Cetrimid-Agar verwendet (Firma Merck, Art.-Nr. ME 5284), auf dem 0,1 ml der Originalproben verteilt und bei 42 °C drei Tage lang bebrütet wurde. Verdächtige Kolonien wurden auf Columbia-Blutagar (s.o.) subkultiviert und mit Hilfe von Bactident Oxidase-Stäbchen (Fa. Merck, Art.-Nr. 1.13300) hinsichtlich ihrer Oxidase-Aktivität untersucht.

Zum Nachweis von coliformen Bakterien wurde EMB-Agar verwendet (Firma Oxoid, Art.-Nr. CM 69). Hier erfolgte die Bebrütung von jeweils 0,1 ml der Originalprobe für zwei Tage bei 36 °C.

2.4 Probenauswertung

Zur Auswertung der Proben wurden bei allen Platten die Kolonien ausgezählt und auf die Ursprungskonzentration rückgerechnet, um die Anzahl der koloniebildenden Einheiten je Milliliter (KBE/ml) zu erhalten.

Die Gesamtkeimzahl wurde durch Auszählen aller auf R2A-Agar gewachsenen Kolonien ermittelt, die Isolate wurden jedoch nicht weiter differenziert.

Zur Differenzierung und Identifizierung der isolierten Legionellen wurde zunächst geprüft, ob die Isolate der Subkultur auf BCYE α -Agar und/oder Columbia-Blutagar gewachsen waren. Zur Gattung Legionella wurden alle Isolate gezählt, die in der Subkultur auf BCYE α -Agar, nicht aber auf Columbia-Blutagar Kolonien bildeten (Ruckdeschel 1992). Die genaue Spezifizierung der Legionellenisolate erfolgte durch direkte Immunfluoreszenz unter Verwendung Flurescein-Isothiocyanat- (FITC-) markierter Antikörper der Firma ScimedX Corp., Denville, USA, nach Herstellerangaben.

Als *Pseudomonas aeruginosa* wurden alle Oxidase-positiven, auf Blutagar β -hämolisierenden Bakterienisolate betrachtet, die in der Primärisolation auf Cetrimid-Agar bei 42 °C Kolonien mit typischer Pigmentbildung, Morphologie und charakteristischem Geruch ausgebildet hatten (von Graevenitz 1992). Alle auf dem Cetrimid-Agar gewachsenen Kolonien mit diesen Eigenschaften wurden gezählt.

Zur Bestimmung der coliformen Bakterien wurden die auf den EMB-Agar-Platten gewachsenen Kolonien gezählt.

3 Ergebnisse

3.1 Informationen zur Auswertung

Zunächst wurden die Daten nach verschiedenen Kriterien wie Entkeimungsart, Alter und Probenentnahmetag gruppiert. Anschließend wurden Mittelwerte und Standardabweichungen gebildet. Dabei stellte sich heraus, dass aufgrund hoher Schwankungen der Keimzahlen die Mittelwerte nicht immer aussagekräftig und die Standardabweichungen meist sehr hoch waren. Dies liegt unter anderem am exponentiellen Wachstum der Bakterien, so dass es teilweise sinnvoller war, Häufigkeitsverteilungskurven für logarithmische Intervalle zu ermitteln, um die einzelnen Daten besser berücksichtigen zu können.

Nach Abschluss der Untersuchungen stellte sich heraus, dass in einer Praxis (Praxis 3), die zwei Behandlungseinheiten mit Intensiventkeimung besaß, vor Probenentnahme eine mehrwöchige Unterbrechung der Entkeimung stattgefunden hatte. Weiterhin war zum Zeitpunkt der Messung die Entkeimungsanlage nicht funktionsfähig. Dadurch ergaben sich für diese Einheiten sehr viel höhere Gesamtkeimzahlen als bei allen anderen Einheiten mit Intensiventkeimung, so dass für die Auswertungen diese Praxis nicht mit berücksichtigt wurde, um eine Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden. Es verblieben somit 264 Wasserproben aus 44 Einheiten, die zur Berechnung der Ergebnisse verwendet wurden.

3.2 Übersicht

Die gemessenen Gesamtkeimzahlen der Wasserproben aus den Dentaleinheiten variierten stark. Sie bewegten sich im Bereich von < 10 KBE/ml bis hin zu 840.000 KBE/ml, der Mittelwert aller Proben lag bei 30.123 KBE/ml (Standardabweichung 100.265 KBE/ml). Teilweise kam es zu großen Schwankungen der Gesamtkeimzahlen auch innerhalb ein und derselben Einheit je nach Entnahmestelle oder Entnahmetag.

Legionellenspezies (*L. pneumophila* der Serotypen 1 und 8 sowie *L. bozmani*) wurden in 85 und *P. aeruginosa* in 13 der 264 Proben nachgewiesen (32,2 % bzw. 4,9 %). Coliforme Bakterien wurden in keiner der Proben gefunden.

Die Proben aus den Waschbecken wiesen Gesamtkeimzahlen zwischen < 10 KBE/ml und 900 KBE/ml auf (Mittelwert 266 KBE/ml, Standardabweichung 259 KBE/ml), sie waren in allen Fällen frei von Legionellen, *P. aeruginosa* und coliformen Bakterien.

3.3 Gesamtkeimzahlen

3.3.1 Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart

Vergleicht man die Gesamtkeimzahlen der Proben aus Einheiten mit unterschiedlichen Entkeimungsarten, so fällt auf, dass die Einheiten mit Intensiventkeimung den niedrigsten Mittelwert (8.363 KBE/ml, Standardabweichung 12.294 KBE/ml) aufweisen, gefolgt von den Einheiten mit Dauerentkeimung (Mittelwert 17.075 KBE/ml, Standardabweichung 65.466 KBE/ml). Der Mittelwert der Einheiten ohne Entkeimung war mit 57.314 KBE/ml (Standardabweichung 144.997 KBE/ml) deutlich höher (Abbildung 2).

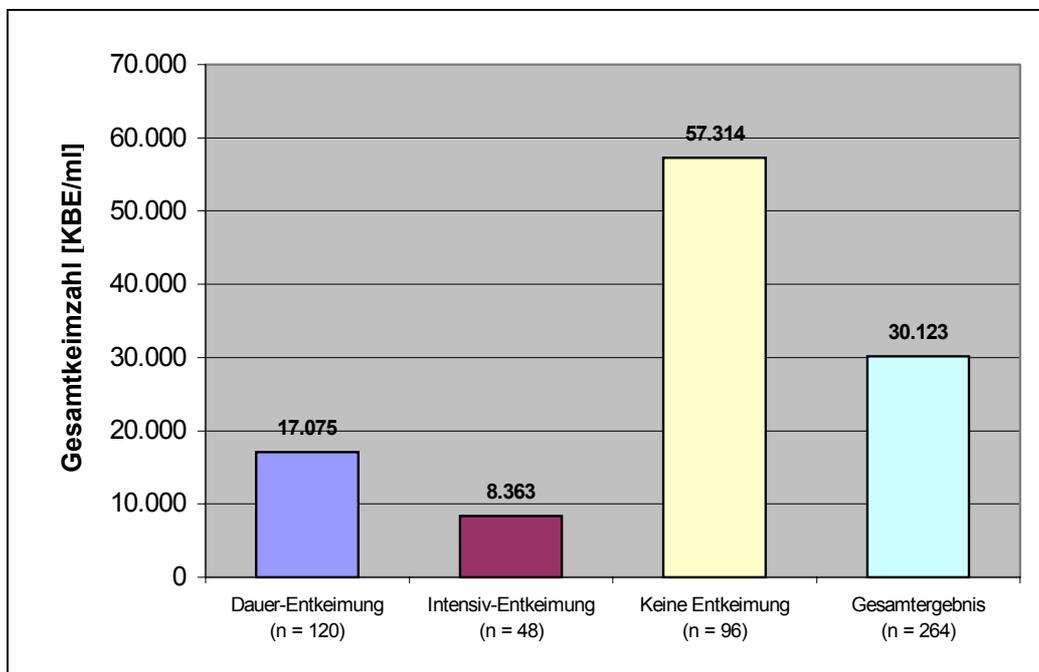


Abb. 2: Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (linear)

Bei allen drei Entkeimungsarten lagen bei den meisten Proben die Gesamtkeimzahlen im Bereich von 10^3 bis 10^4 KBE/ml, gefolgt von dem Bereich zwischen 10^4 und 10^5 KBE/ml. Proben aus Einheiten mit Intensiventkeimung hatten häufiger niedrige Keimzahlen von unter 10^3 KBE/ml als jene aus Einheiten mit Dauer- oder ohne Entkeimung. Werte von über 10^5 KBE/ml kamen bei Proben aus intensiventkeimten Einheiten nie vor, bei jenen aus Einheiten ohne Entkeimung jedoch in 12,5 % der Fälle (Abbildung 3).

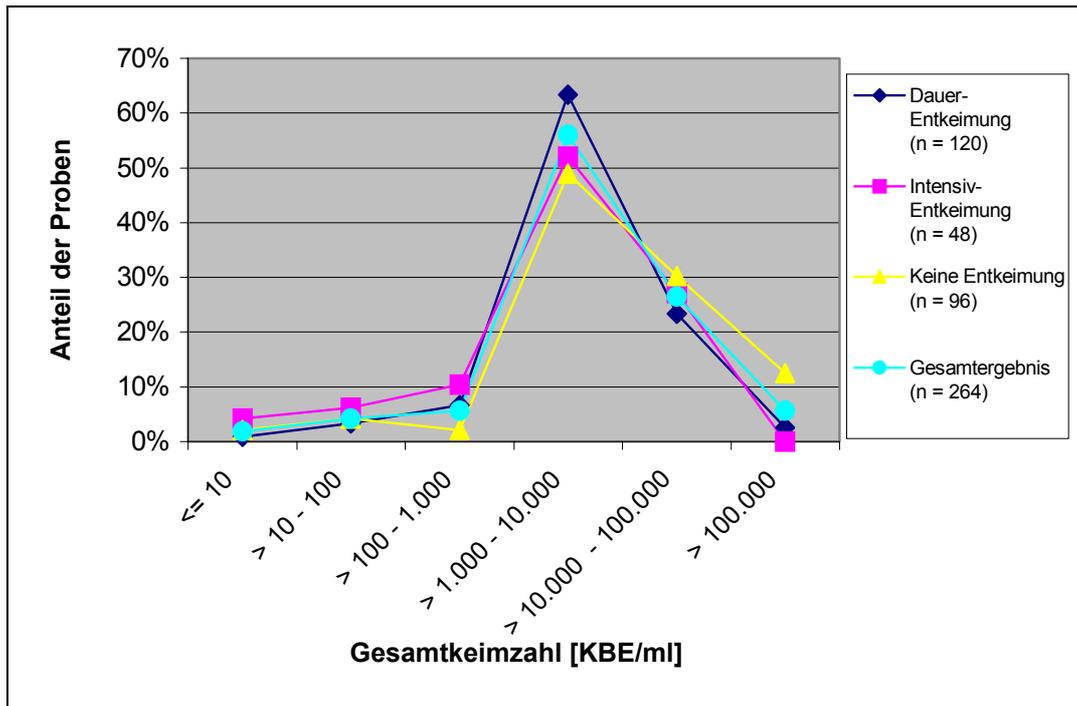


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart

3.3.2 Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag

Ein Vergleich der Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen an Montagen und Dienstagen ergibt, dass bei allen drei Entkeimungsarten montags morgens die Mittelwerte höher waren als dienstags während der Behandlung. Bei den Einheiten mit Intensiventkeimung fiel dieser Unterschied am geringsten aus. An beiden Tagen hatten die Einheiten mit Intensiventkeimung die niedrigsten Mittelwerte und jene ohne Entkeimung die höchsten.

Nimmt man alle Proben zusammen, so ergibt sich montags ein Mittelwert von 37.712 KBE/ml (Standardabweichung 123.785 KBE/ml) und dienstags ein Mittelwert von 22.535 KBE/ml (Standardabweichung 68.325 KBE/ml), s. Abbildung 4.

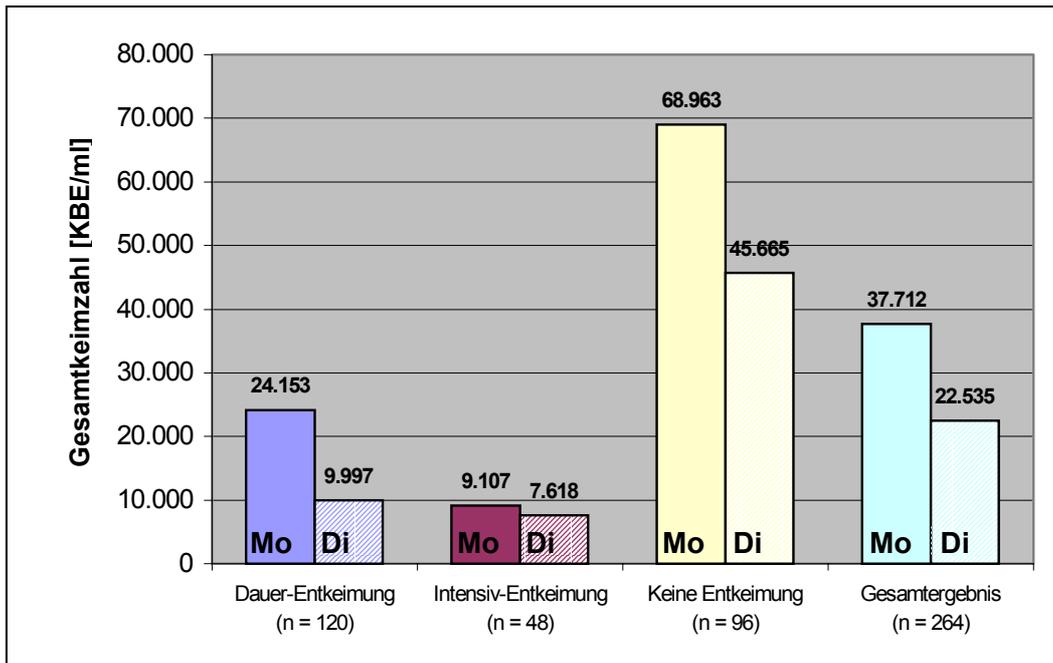


Abb. 4: Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag (linear)

Betrachtet man die Häufigkeitsverteilung der Einheiten mit Dauerentkeimung (Abbildung 5), so kann man dienstags eine Verschiebung der Gesamtkeimzahlen hin zu etwas niedrigeren Werten beobachten. Dienstags treten häufiger Werte von unter 10^3 KBE/ml und seltener Werte von über 10^4 KBE/ml auf.

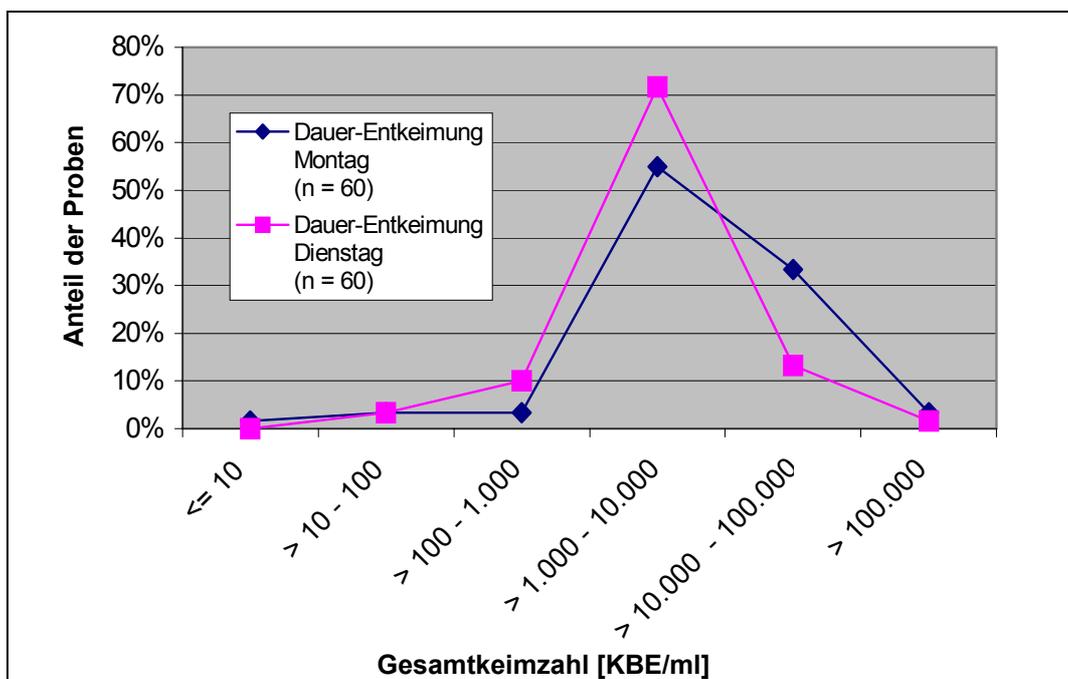


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit vom Probenentnahmetag bei Einheiten mit Dauerentkeimung

Die Einheiten mit Intensiventkeimung hatten montags und dienstags eine annähernd gleiche Häufigkeitsverteilung (Abbildung 6).

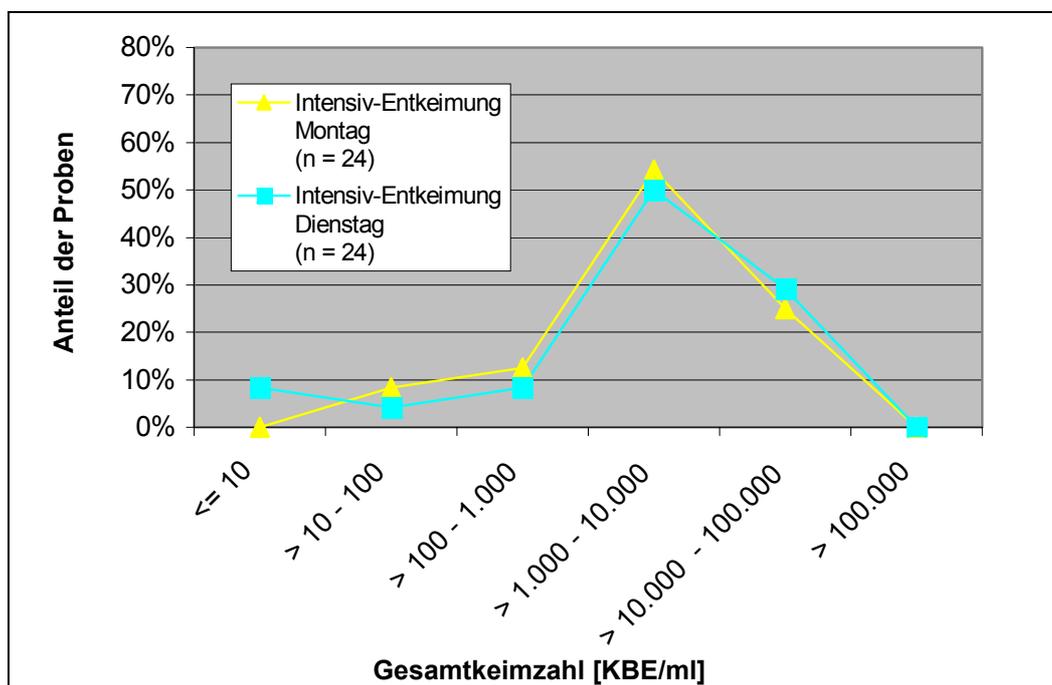


Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit vom Probenentnahmetag bei Einheiten mit Intensiventkeimung

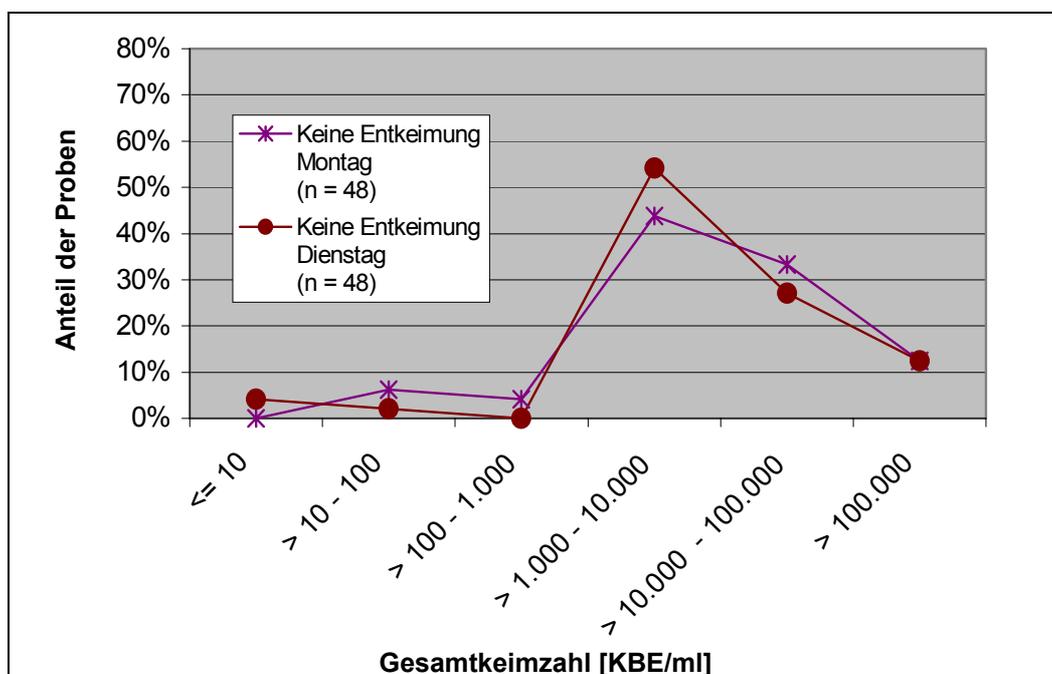


Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit vom Probenentnahmetag bei Einheiten ohne Entkeimung

Die Einheiten ohne Entkeimung zeigten montags etwas häufiger Gesamtkeimzahlen von mehr als 10^4 KBE/ml als dienstags, ansonsten ergaben sich nur geringfügige Unterschiede zwischen montags und dienstags (Abbildung 7).

3.3.3 Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entnahmestelle

Der Vergleich der Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen zeigt keine großen Unterschiede zwischen Luft-Wasser-Spritzen auf der Helferinnenseite sowie Turbinen und Ultraschallgeräten auf der Behandlerseite. Die Turbinen wiesen mit 27.985 KBE/ml (Standardabweichung 105.851 KBE/ml) die geringsten Mittelwerte auf, gefolgt von Ultraschallgeräten (29.643 KBE/ml, Standardabweichung 105.972 KBE/ml) und Luft-Wasserspritzen (32.743 KBE/ml, Standardabweichung 87.824 KBE/ml), s. Abbildung 8.

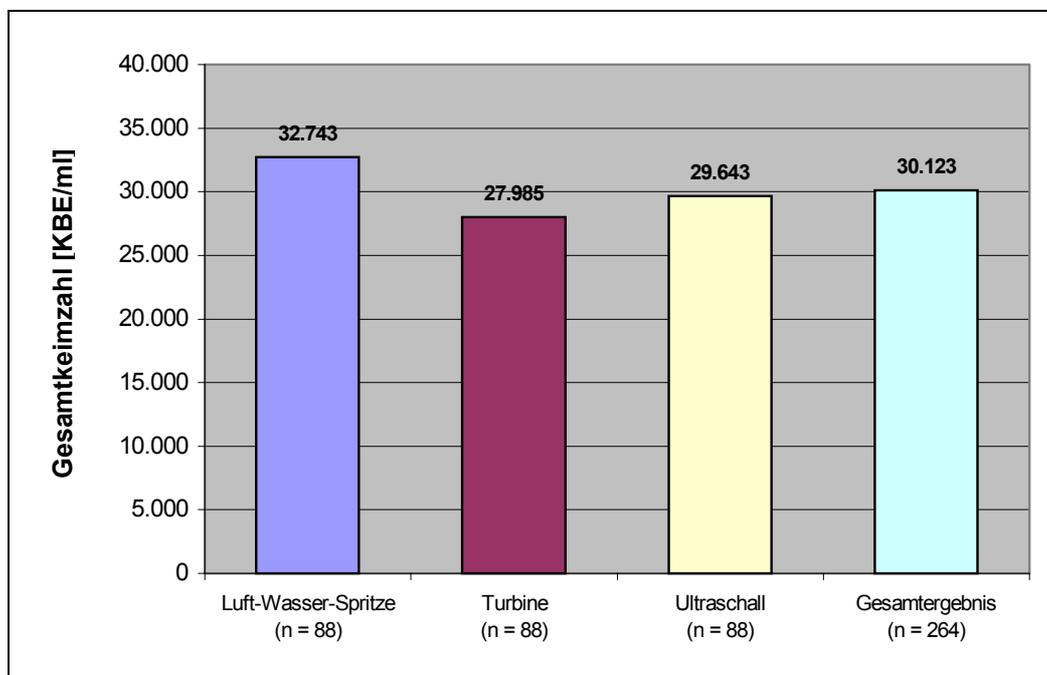


Abb. 8: Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entnahmestelle (linear)

Wie in Abbildung 9 zu sehen, war auch die Häufigkeitsverteilung der Werte auf die verschiedenen logarithmischen Keimzahlbereiche bei allen drei Entnahmestellen annähernd gleich. Die meisten Proben bewegten sich im Keimzahlbereich von 10^3 bis 10^4 KBE/ml (insgesamt 56,1 %), gefolgt von dem Bereich zwischen 10^4 und 10^5 KBE/ml (26,5 %). Unterhalb von 10^3 KBE/ml lagen 11,7 % und oberhalb von 10^5 KBE/ml 5,7 % der gemessenen Werte.

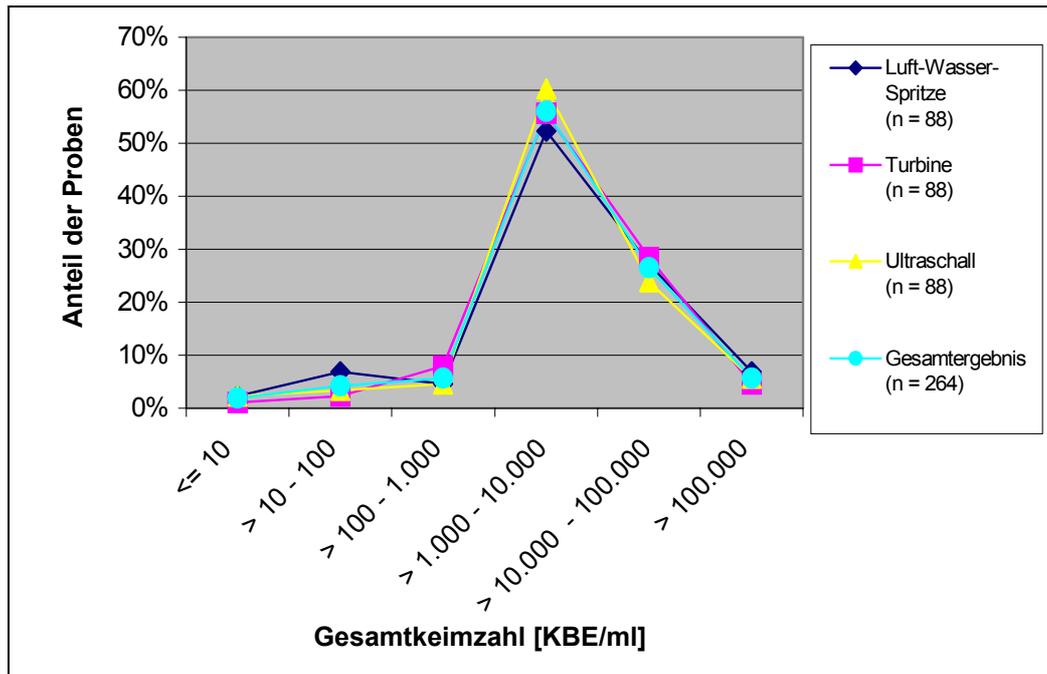


Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit von der Entnahmestelle

3.3.4 Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit vom Alter der Einheiten

Die Einheiten, die nicht älter als zwei Jahre alt waren, hatten mit 109.790 KBE/ml den mit Abstand höchsten Mittelwert der Gesamtkeimzahl, die Standardabweichung lag jedoch auch bei 227.420 KBE/ml.

Diejenigen Einheiten, die zwischen zwei und fünf Jahre alt waren, hatten einen Mittelwert von 17.940 KBE/ml (Standardabweichung 32.242 KBE/ml). Der Mittelwert der Einheiten im Alter zwischen fünf und zehn Jahren lag bei 25.622 KBE/ml (Standardabweichung 80.188 KBE/ml) und der von Einheiten, die älter als zehn Jahre alt waren, bei 7.379 KBE/ml (Standardabweichung 8.092 KBE/ml), s. Abbildung 10.

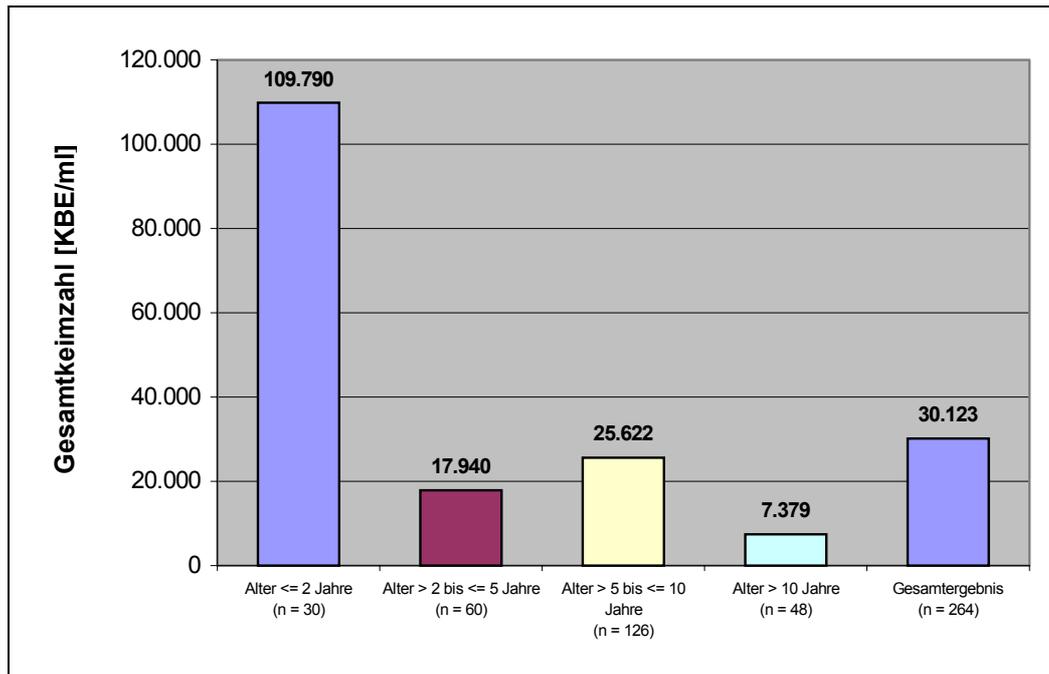


Abb. 10: Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten (linear)

Die Häufigkeitsverteilung (Abbildung 11) zeigt, dass die sehr neuen Einheiten (Alter bis zu zwei Jahren) öfter als alle anderen niedrige Keimzahlen von unter 10^3 KBE/ml aufwiesen (36,7 % der Proben). Allerdings hatten diese Einheiten auch am häufigsten sehr hohe Gesamtkeimzahlen von mehr als 10^5 KBE/ml (20 %). Zum Teil wurden diese Einheiten für Prophylaxemaßnahmen angeschafft und waren noch nicht ganz ausgelastet, das heißt, sie wurden nur selten genutzt.

Die Einheiten im Alter von zwei bis fünf Jahren und von fünf bis zehn Jahren zeigten recht ähnliche Häufigkeitsverteilungskurven. Wenige Werte lagen unter 10^3 KBE/ml (15 % bzw. 5,6 %) und kaum Werte lagen höher als 10^5 KBE/ml (5,0 % bzw. 4,8 %).

Die ältesten Einheiten im Alter von mehr als zehn Jahren wiesen in 8,4 % der Fälle Werte von unter 10^3 KBE/ml und in keinem Fall mehr als 10^5 KBE/ml auf. Mehr als zwei Drittel (70,8 %) dieser Proben hatten Gesamtkeimzahlen zwischen 10^3 und 10^4 KBE/ml.

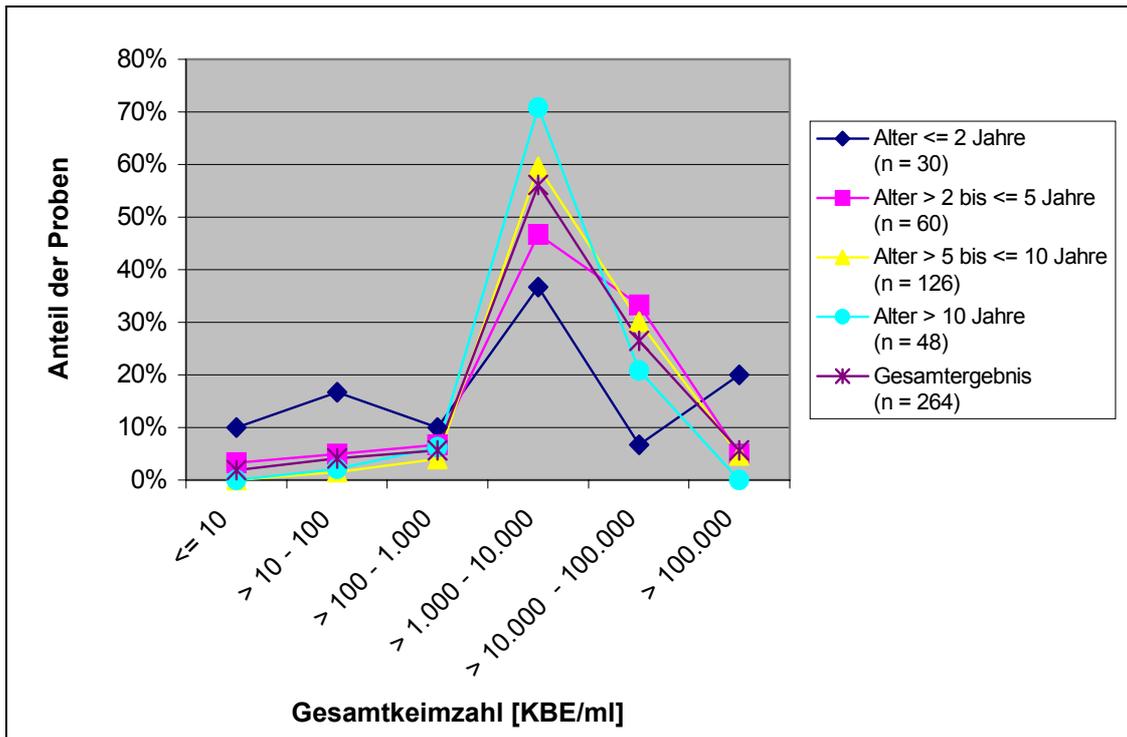


Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der Gesamtkeimzahlen in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten

3.3.5 Gegenüberstellung der durchschnittlichen Gesamtkeimzahl je Praxis und der Gesamtkeimzahl am Waschbecken

Die Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen aller aus den zahnärztlichen Einheiten der einzelnen Praxen entnommenen Proben bewegten sich zwischen 3.836 und 156.225 KBE/ml. An den Wasserauslässen der Waschbecken lagen die Gesamtkeimzahlen dagegen nur zwischen < 10 und 900 KBE/ml (Mittelwert 266 KBE/ml, Standardabweichung 259 KBE/ml). Bei den meisten Praxen überstieg der Mittelwert der Proben aus den Dentaleinheiten die Gesamtkeimzahl der jeweiligen Waschbeckenprobe um ein bis zwei Zehnerpotenzen (mindestens um den Faktor 20, maximal um mehr als 10^4). Aus diesem Grund erfolgt die Darstellung der Ergebnisse in Abbildung 12 logarithmisch.

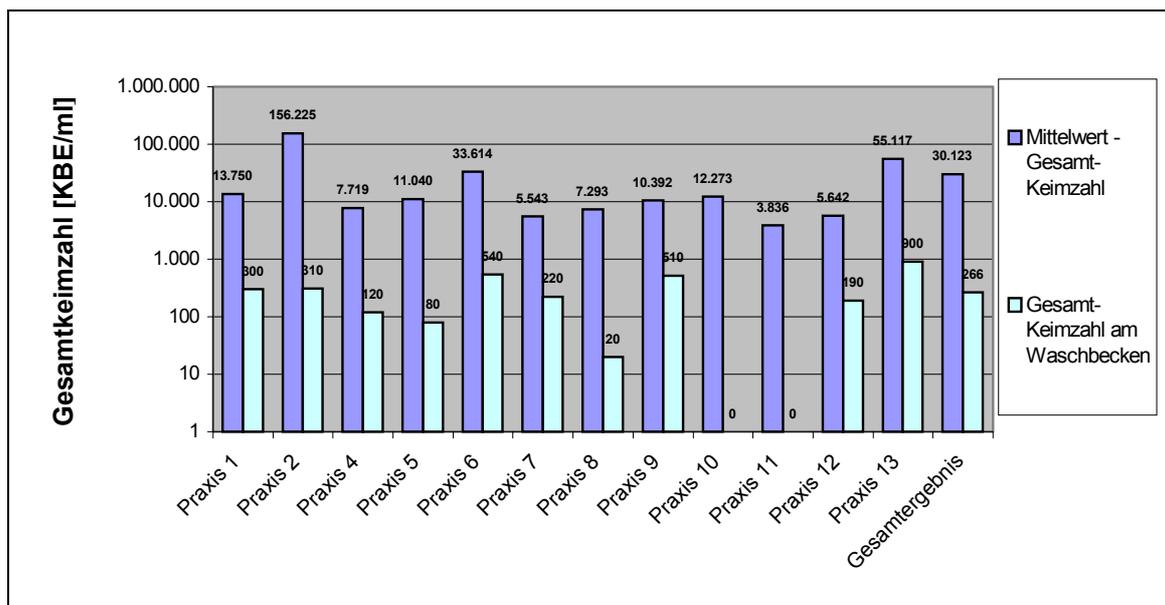


Abb. 12: Durchschnittliche Gesamtkeimzahlen in den zahnärztlichen Einheiten der einzelnen Praxen im Vergleich zu den Gesamtkeimzahlen der jeweiligen Waschbecken (logarithmisch)

3.4 Legionellen

3.4.1 Legionellenvorkommen, unterschieden nach Spezies und Serotypen

Insgesamt wurden in 32,2 % der Proben aus Dentaleinheiten Legionellen nachgewiesen. 14,8 % der Proben enthielten *L. bozmanii*, 14,0 % der Proben *L. pneumophila* Serotyp 1, 1,1 % der Proben *L. pneumophila* Serotyp 8 und 2,3 % der Proben sowohl *L. pneumophila* Serotyp 1 als auch *L. bozmanii* (Abbildung 13).

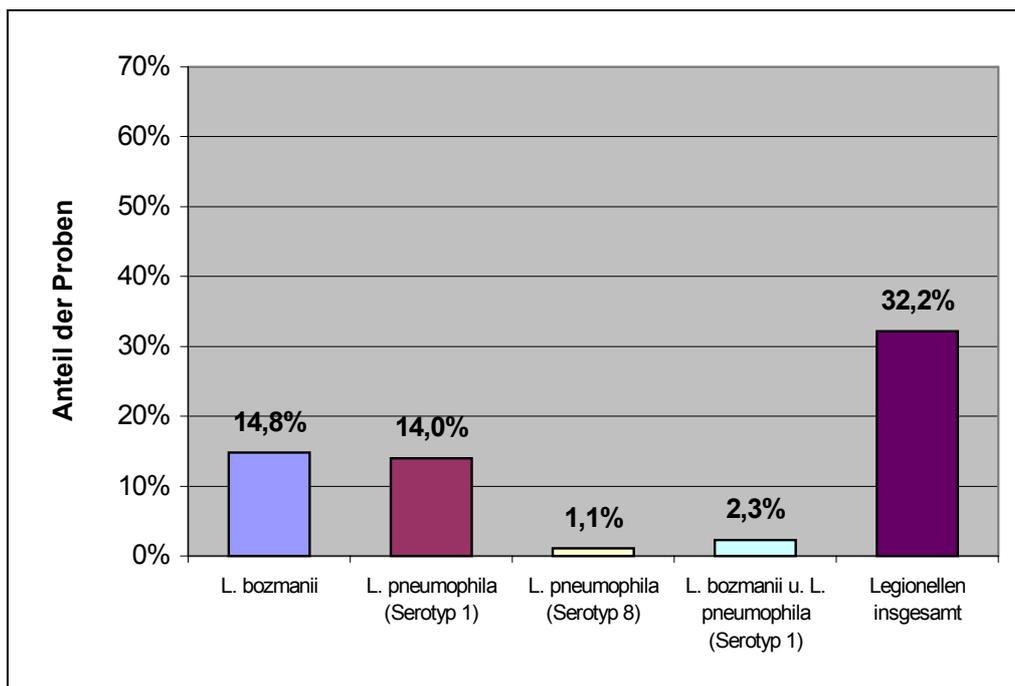


Abb. 13: Häufigkeit des Legionellenvorkommens in den Proben, unterschieden nach Legionellenspezies und Serotyp

3.4.2 Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart

3.4.2.1 Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (einheitenbezogen)

Untersucht man das Legionellenvorkommen nach zahnärztlichen Einheiten (Abbildung 14), so stellt man fest, dass insgesamt 43,2 % der Stühle Legionellen aufwiesen. Bei den Einheiten mit Dauerentkeimung waren 60,0 % und bei Einheiten ohne Entkeimung 43,8 % der Behandlungsstühle mit Legionellen belastet. In den intensiventkeimten Einheiten wurden keine Legionellen nachgewiesen.

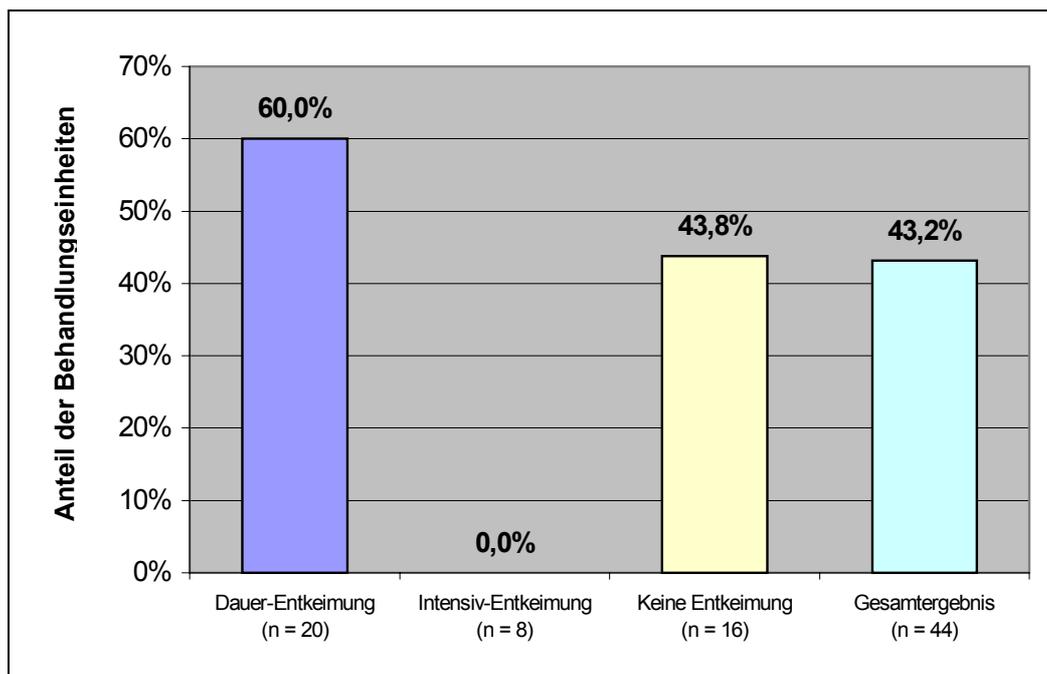


Abb. 14: Anteil der Behandlungseinheiten mit Legionellenspeziesvorkommen

Abbildung 15 zeigt, wie sich die verschiedenen Legionellen anteilmäßig auf die unterschiedlichen Arten zahnärztlicher Einheiten verteilen. Am häufigsten wurden in allen Einheitentypen *L. bozmaniai* gefunden, gefolgt von *L. pneumophila*. In zwei der zwanzig dauerentkeimten Einheiten traten beide Spezies nebeneinander auf.

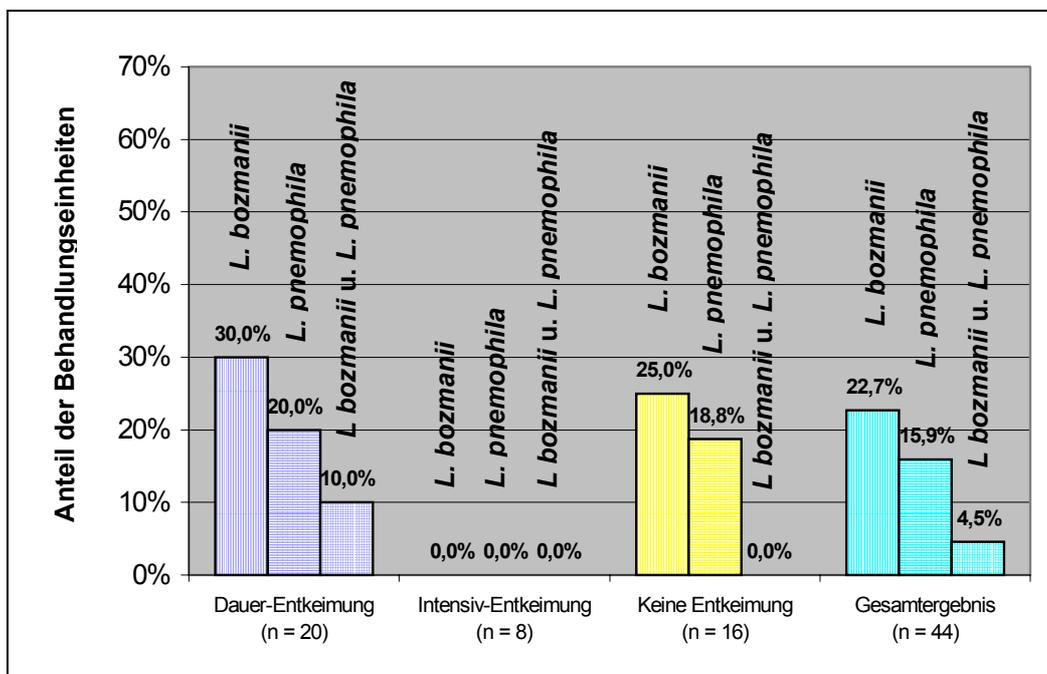


Abb. 15: Verteilung verschiedener Legionellenspezies auf die unterschiedlichen Entkeimungsarten zahnärztlicher Einheiten

3.4.2.2 Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (probenbezogen)

Der Mittelwert nachgewiesener Legionellen lag bei 15 KBE/ml (Standardabweichung 41 KBE/ml). Die Einheiten mit Dauerentkeimung wiesen mit 22 KBE/ml den höchsten Mittelwert auf (Standardabweichung 51 KBE/ml), gefolgt von den Einheiten ohne Entkeimung (Mittelwert 13 KBE/ml, Standardabweichung 34 KBE/ml). In den acht Einheiten mit Intensiventkeimung wurden in keiner Probe Legionellen nachgewiesen (Abbildung 16).

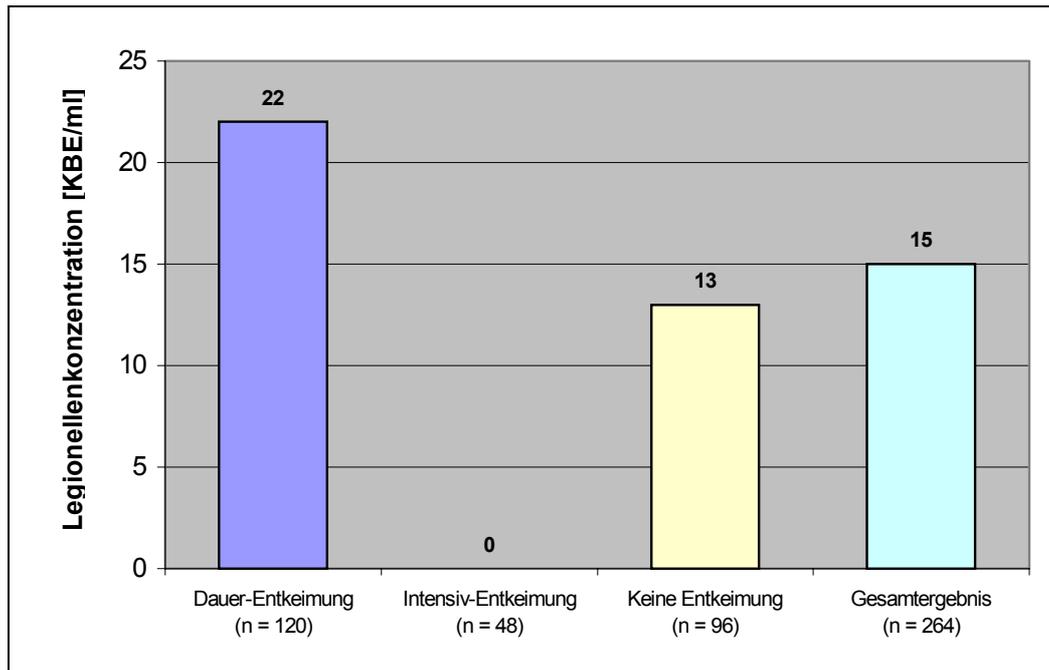


Abb. 16: Mittelwerte der Legionellenkonzentrationen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (linear)

Wie die Häufigkeitsverteilungskurve zeigt (Abbildung 17), war bei allen drei Entkeimungsarten die Mehrzahl der Proben frei von Legionellen. Bei Einheiten mit Dauerentkeimung waren dies 55,0 %, bei Einheiten mit Intensiventkeimung 100 %, bei Einheiten ohne Entkeimung 67,7 % und bei allen Proben zusammen 67,8 %.

Werte zwischen 1 und 10 KBE/ml hatten bei Einheiten mit Dauerentkeimung 15,8 % der Proben, bei Einheiten ohne Entkeimung 8,3 % und insgesamt 10,2 % der Proben.

Werte von 11 bis 100 KBE/ml zeigten 23,3 % der Proben aus Einheiten mit Dauerentkeimung, 20,8 % derjenigen aus Einheiten ohne Entkeimung und beim Gesamtergebnis 18,2 % der Proben.

Mehr als 100 KBE/ml wiesen bei Dauerentkeimung 5,8 %, ohne Entkeimung 3,1 % und insgesamt 3,8 % der Proben auf.

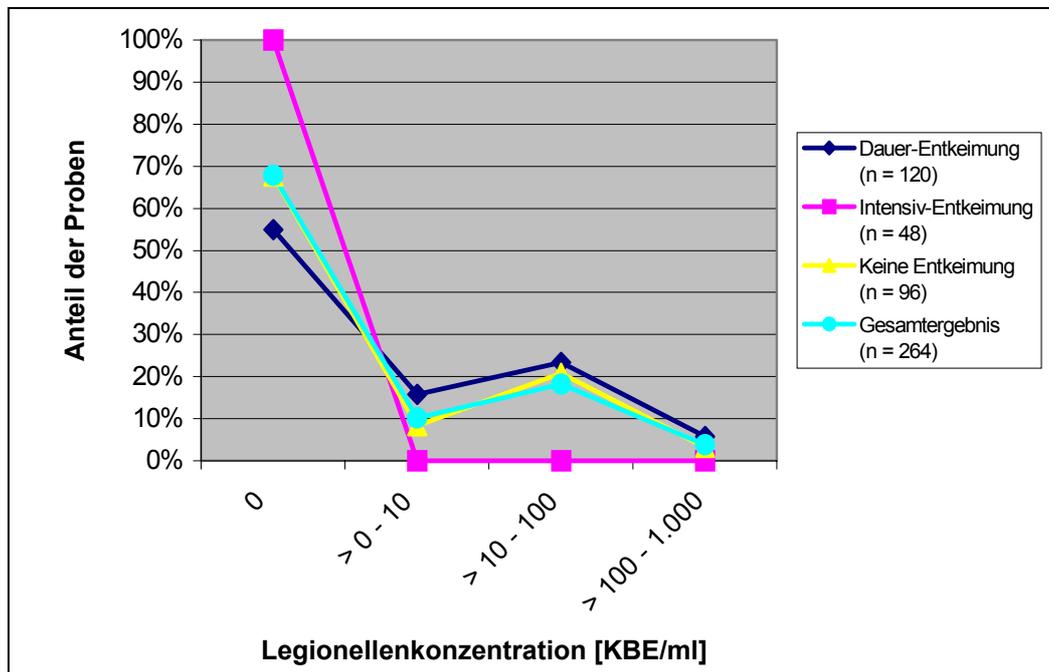


Abb. 17: Häufigkeitsverteilung der Legionellenkonzentrationen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart

3.4.3 Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag

Abbildung 18 zeigt, dass die Mittelwerte der Legionellen bei Einheiten ohne Entkeimung, mit Dauerentkeimung und auch im Gesamtergebnis jeweils dienstags niedriger waren als montags. Intensiventkeimte Einheiten wiesen weder montags noch dienstags Legionellen auf.

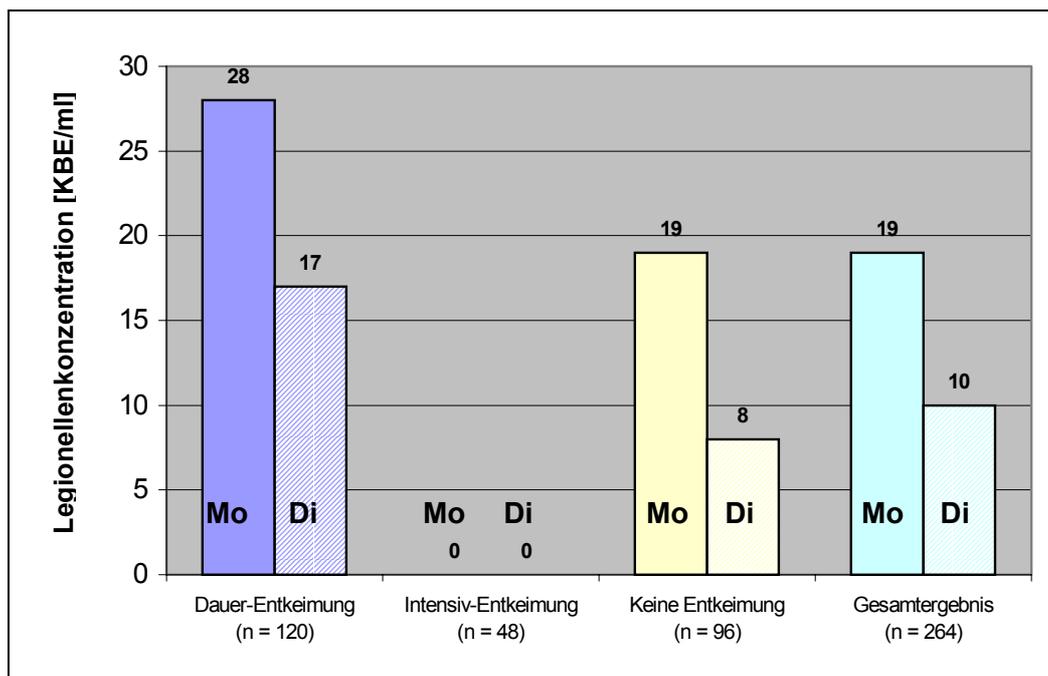


Abb. 18: Mittelwerte der Legionellenkonzentrationen in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag (linear)

3.4.4 Legionellenkonzentration in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten

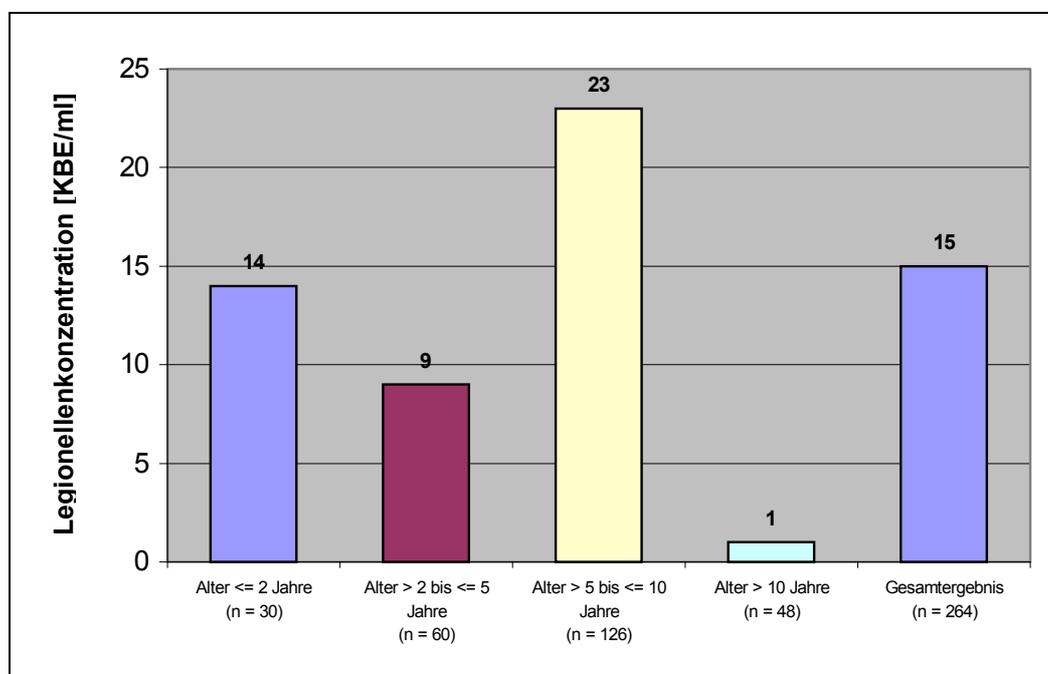


Abb. 19: Mittelwerte der Legionellenkonzentrationen in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten (linear)

Abbildung 19 zeigt die Mittelwerte der Legionellenkonzentrationen je Altersgruppe der untersuchten zahnärztlichen Einheiten.

Der Mittelwert der Proben aus Einheiten im Alter zwischen fünf und zehn Jahren war mit 23 KBE/ml am höchsten (Standardabweichung 50 KBE/ml), gefolgt von Proben aus Einheiten, die jünger als zwei Jahre alt waren (Mittelwert 14 KBE/ml, Standardabweichung 29 KBE/ml). Proben aus Einheiten im Alter von zwei bis fünf Jahren hatten einen Mittelwert von 9 KBE/ml (Standardabweichung 35 KBE/ml), diejenigen aus Einheiten, die älter als zehn Jahre alt waren, einen Mittelwert von 1 KBE/ml (Standardabweichung 2 KBE/ml).

Abbildung 20 macht deutlich, dass in jeder Altersgruppe die Mehrzahl der Proben frei von Legionellen waren. Legionellenkonzentrationen von mehr als 100 KBE/ml kamen in allen Altersstufen sehr selten vor (maximal 5,8 %).

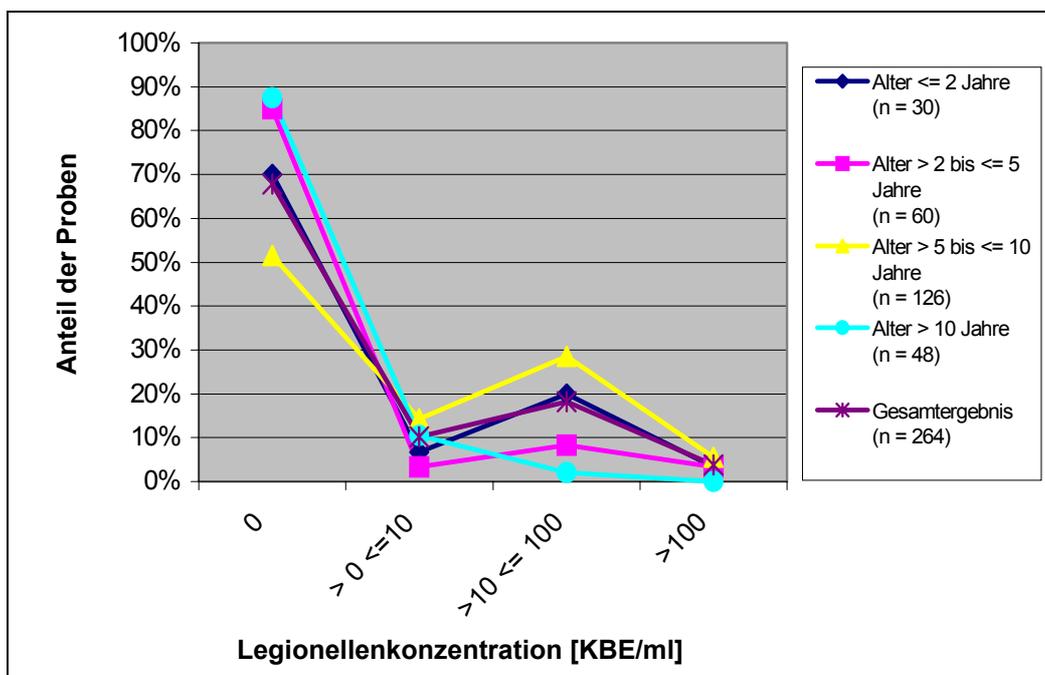


Abb. 20: Häufigkeitsverteilung der Legionellenkonzentrationen in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten

3.4.5 Praxisbezogenes Legionellenvorkommen

In fünf der zwölf Praxen wurden Legionellen nachgewiesen (41,7 %). Vergleicht man das Vorkommen von Legionellen mit den Mittelwerten der Gesamtkeimzahlen je Praxis, zeigt sich, dass bis auf eine Ausnahme (Praxis 9) stets diejenigen Praxen mit Legionellen belastet waren, die auch hohe Gesamtkeimzahlen aufwiesen.

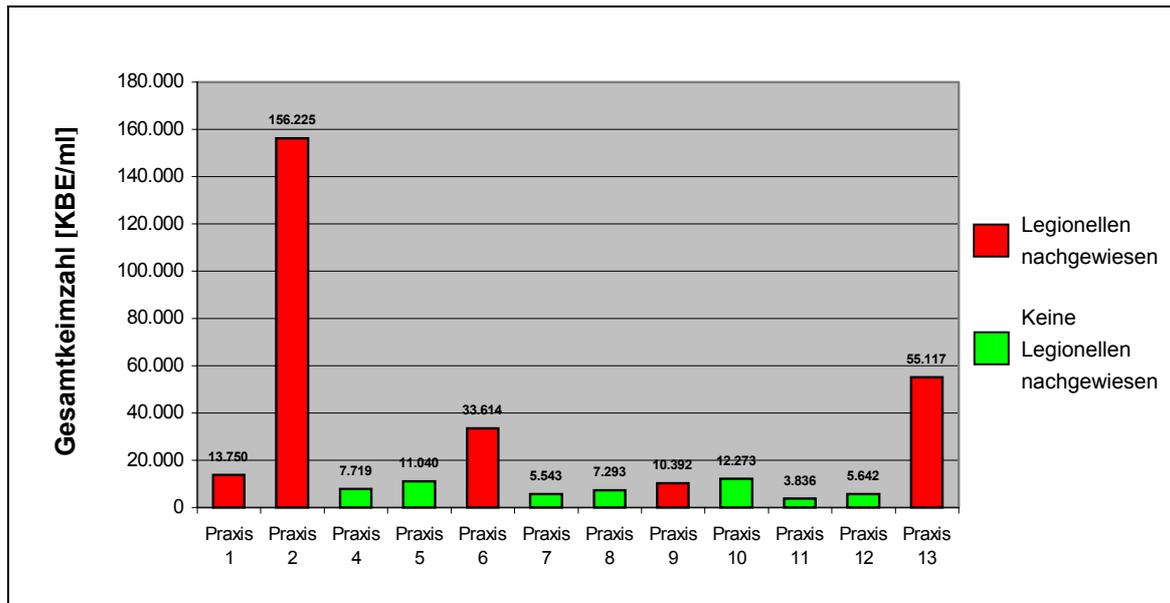


Abb. 21: Legionellennachweis in Abhängigkeit von den durchschnittlichen Gesamtkeimzahlen der einzelnen Praxen

3.4.6 Beziehung zwischen den Konzentrationen von Legionellen und den Gesamtkeimzahlen der einzelnen Proben

Abbildung 22 zeigt, dass in der Regel die Anzahl der Legionellen mit steigender Gesamtkeimzahl der Probe wuchs. In Proben mit Gesamtkeimzahlen von weniger als 1.000 KBE/ml wurden so gut wie nie Legionellen gefunden.

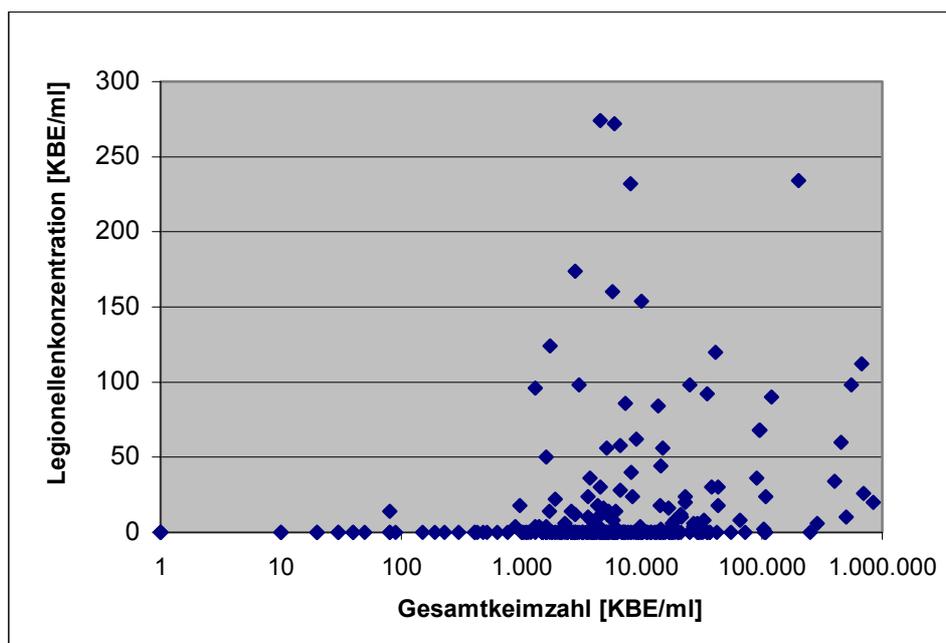


Abb. 22: Legionellenkonzentration in Abhängigkeit von der Gesamtkeimzahl der einzelnen Proben (halblogarithmisch)

3.5 *Pseudomonas aeruginosa*

3.5.1 Vorkommen von *P. aeruginosa* unterschieden nach Proben, Einheiten und Praxen

Von den 264 Proben aus zahnärztlichen Einheiten konnten in 13 Fällen *P. aeruginosa* nachgewiesen werden (4,9 %). Bezogen auf die 44 Einheiten war dies bei fünf Stühlen der Fall (11,4 %). Unterscheidet man nach Praxen, so fanden sich in drei von zwölf Praxen *P. aeruginosa* (25,0 %).

3.5.2 *P.-aeruginosa*-Konzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart

3.5.2.1 *P.-aeruginosa*-Konzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (einheitenbezogen)

Insgesamt konnten bei 11,4 % der Einheiten *P. aeruginosa* nachgewiesen werden. Bei Einheiten ohne Entkeimung lag dieser Wert bei 18,8 % und bei Einheiten mit Dauerentkeimung bei 10,0 %. Intensiventkeimte Einheiten wiesen in keinem Fall *P. aeruginosa* auf (Abbildung 23).

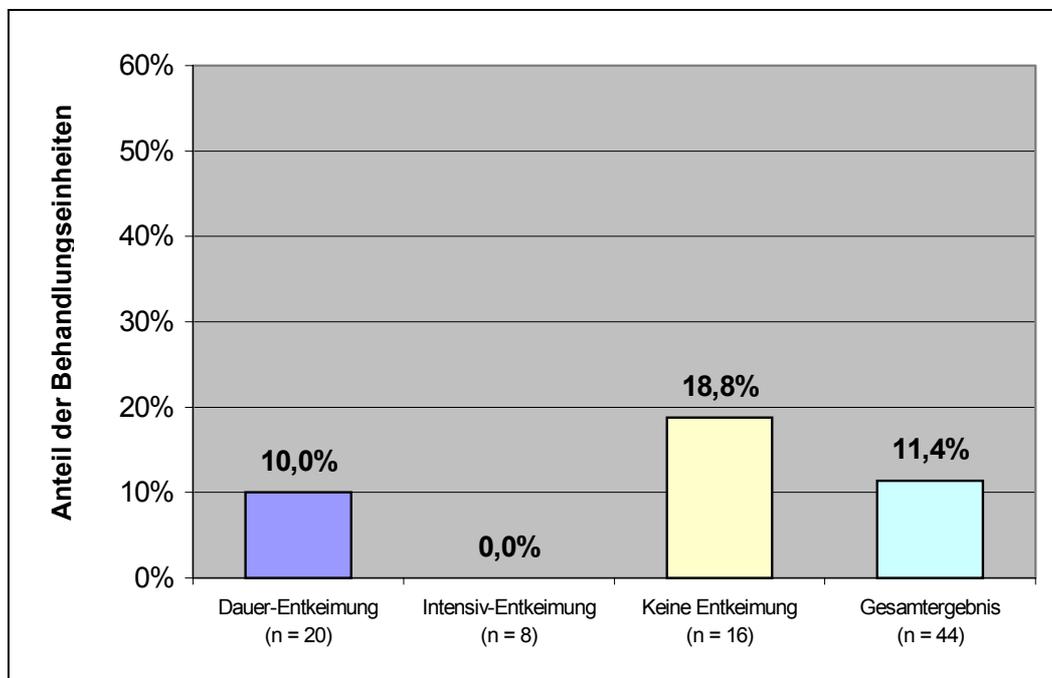


Abb. 23: Anteil der Behandlungseinheiten mit *P.-aeruginosa*-Vorkommen

3.5.2.2 *P.-aeruginosa*-Konzentration in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (probenbezogen)

Insgesamt lag der Mittelwert aller Proben für *P. aeruginosa* bei 6 KBE/ml (Standardabweichung 34 KBE/ml). Der Mittelwert der Proben aus Einheiten ohne Entkeimung war mit 8 KBE/ml (Standardabweichung 35 KBE/ml) geringfügig höher als derjenige der Proben aus Einheiten mit Dauerentkeimung (6 KBE/ml, Standardabweichung 39 KBE/ml). Bei intensiventkeimten Einheiten wurde nie *P. aeruginosa* nachgewiesen, somit lag der Mittelwert bei 0 KBE/ml (Abbildung 24).

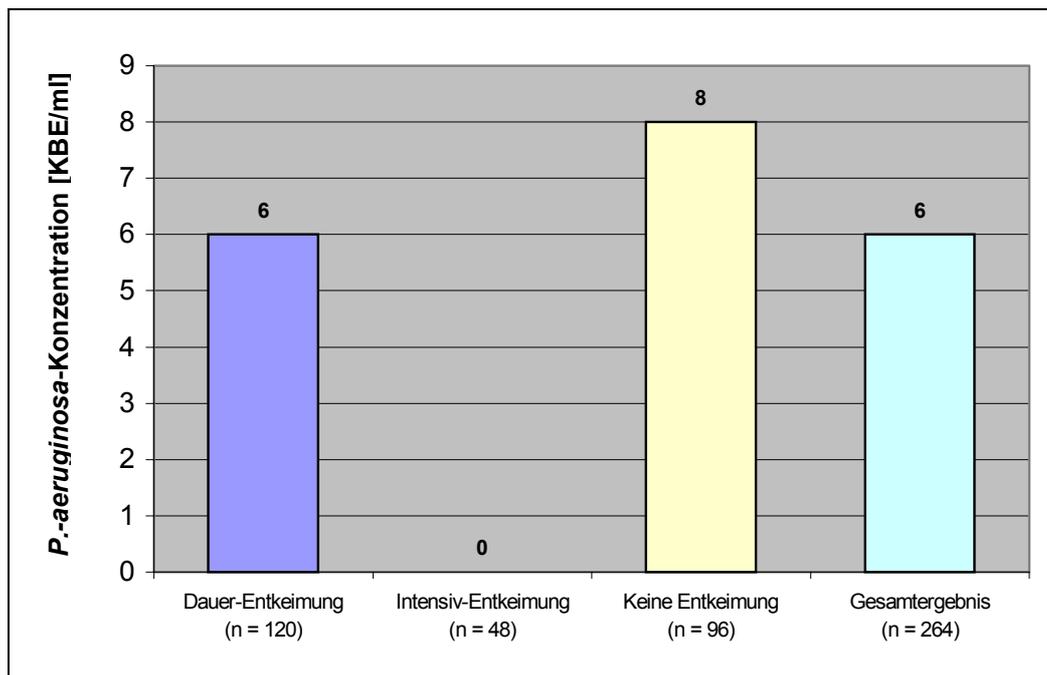


Abb. 24: Mittelwerte der *P.-aeruginosa*-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart (linear)

Wie in Abbildung 25 zu sehen ist, konnten bei der überwiegenden Mehrzahl aller Proben keine *P. aeruginosa* nachgewiesen werden. In Proben aus Einheiten ohne Entkeimung wurden mit 7,3 % am häufigsten *P. aeruginosa* gefunden, dieser Wert lag für Einheiten mit Dauerentkeimung bei 5,0 %. Falls *P. aeruginosa* vorhanden waren, bewegten sich deren Werte meist bei mehr als 10 KBE/ml. *P. aeruginosa* wurde in keiner einzigen Probe aus Einheiten mit Intensiventkeimung gefunden.

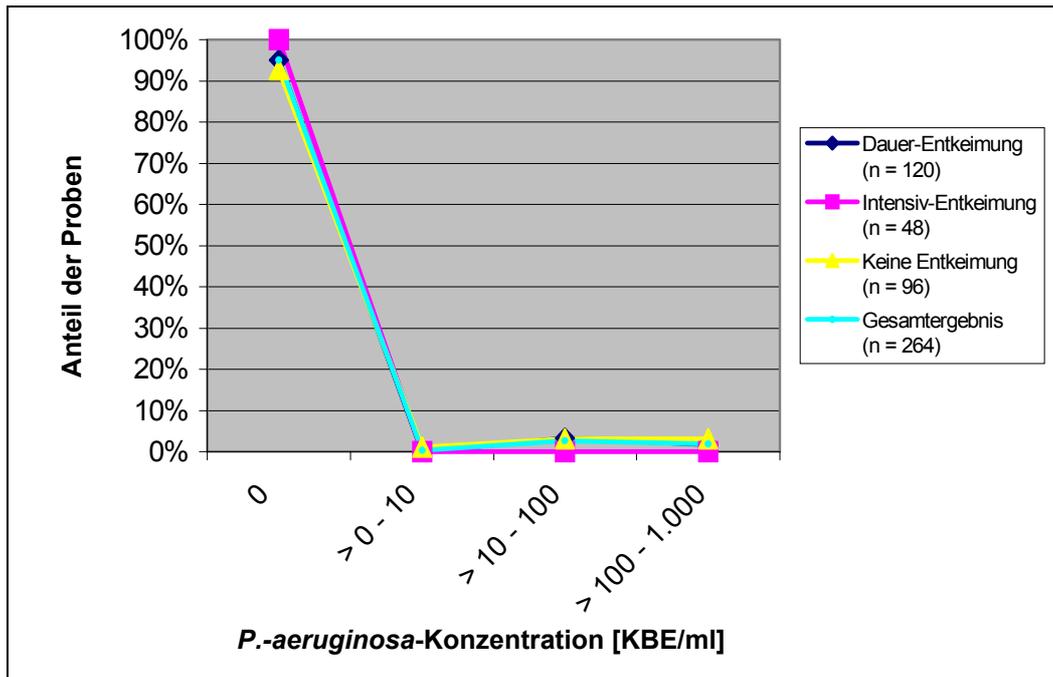


Abb. 25: Häufigkeitsverteilung der *P.-aeruginosa*-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Entkeimungsart

3.5.3 *P.-aeruginosa*-Konzentration in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag

Abbildung 26 zeigt, dass der Mittelwert der *P.-aeruginosa*-Konzentration in den Proben insgesamt von montags auf dienstags absank, und zwar von 8 KBE/ml (Standardabweichung 43 KBE/ml) auf 4 KBE/ml (Standardabweichung 21 KBE/ml). Bei Proben aus Einheiten mit Dauerentkeimung sank er von 10 KBE/ml (Standardabweichung 54 KBE/ml) auf 3 KBE/ml (Standardabweichung 11 KBE/ml), bei Proben aus Einheiten ohne Entkeimung von 9 KBE/ml (Standardabweichung 36 KBE/ml) auf 7 KBE/ml (Standardabweichung 33 KBE/ml).

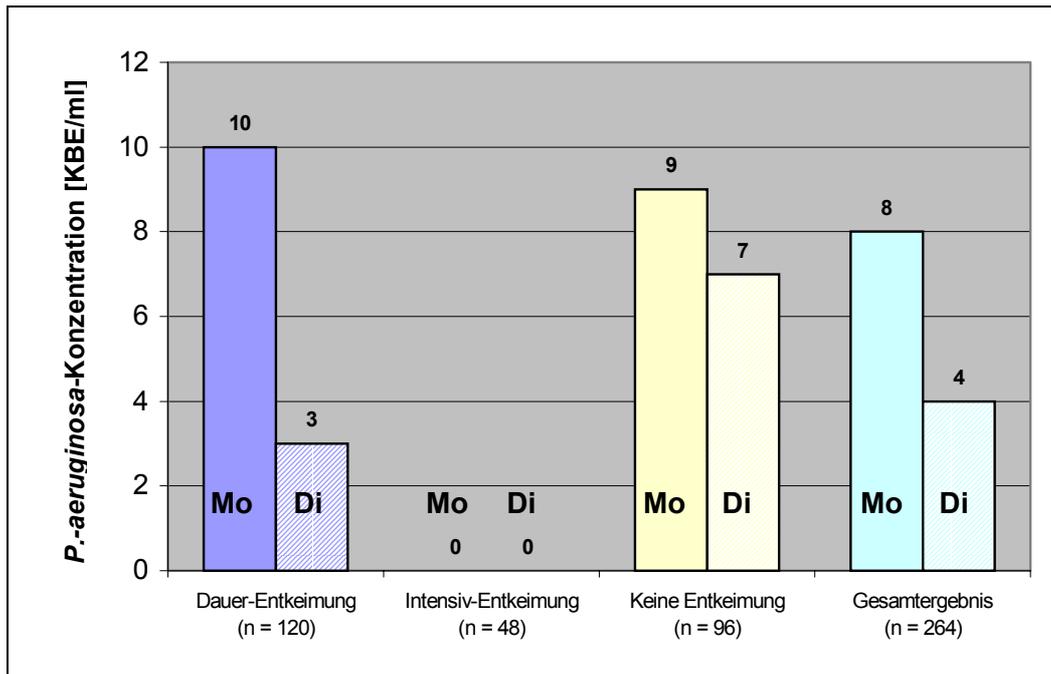


Abb. 26: Mittelwerte der *P.-aeruginosa*-Konzentrationen in Abhängigkeit von Entkeimungsart und Probenentnahmetag (linear)

3.5.4 *P.-aeruginosa*-Konzentration in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten

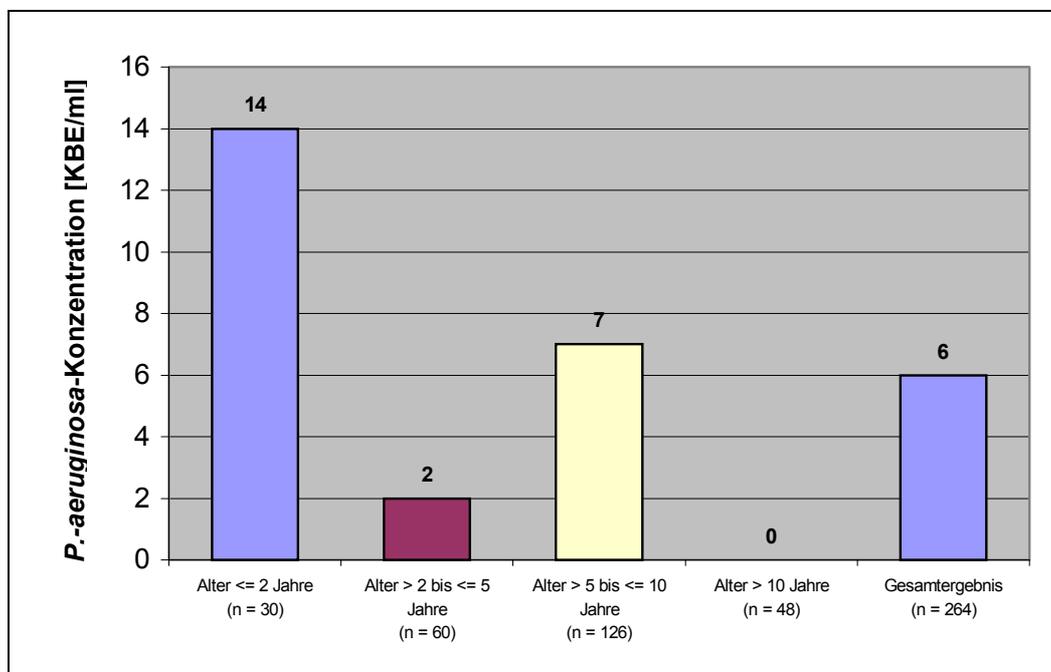


Abb. 27: Mittelwerte der *P.-aeruginosa*-Konzentrationen in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten (linear)

Wie in Abbildung 27 zu erkennen ist, hatten diejenigen Einheiten, die jünger als zwei Jahre alt waren, mit 14 KBE/ml (Standardabweichung 54 KBE/ml) den höchsten Mittelwert der *P.-aeruginosa*-Konzentration, gefolgt von Einheiten im Alter zwischen fünf und zehn Jahren mit 7 KBE/ml (Standardabweichung 40 KBE/ml). Einheiten im Alter zwischen zwei und fünf Jahren wiesen einen Mittelwert der *P.-aeruginosa*-Konzentration von 2 KBE/ml auf (Standardabweichung 10 KBE/ml), und in Proben, die aus Einheiten stammten, die älter als zehn Jahre alt waren, fand sich in keiner Probe *P. aeruginosa*.

Aus Abbildung 28 ist zu entnehmen, dass *P. aeruginosa* in allen Altersgruppen der zahnärztlichen Einheiten im größten Teil der Proben (zwischen 92,9 und 100 %) nicht nachweisbar war. Werte zwischen 1 und 100 KBE/ml waren in allen Altersgruppen sehr selten. Die Einheiten, die jünger als zwei Jahre alt waren, enthielten mit 6,7 % am häufigsten Keimzahlen von mehr als 100 KBE/ml.

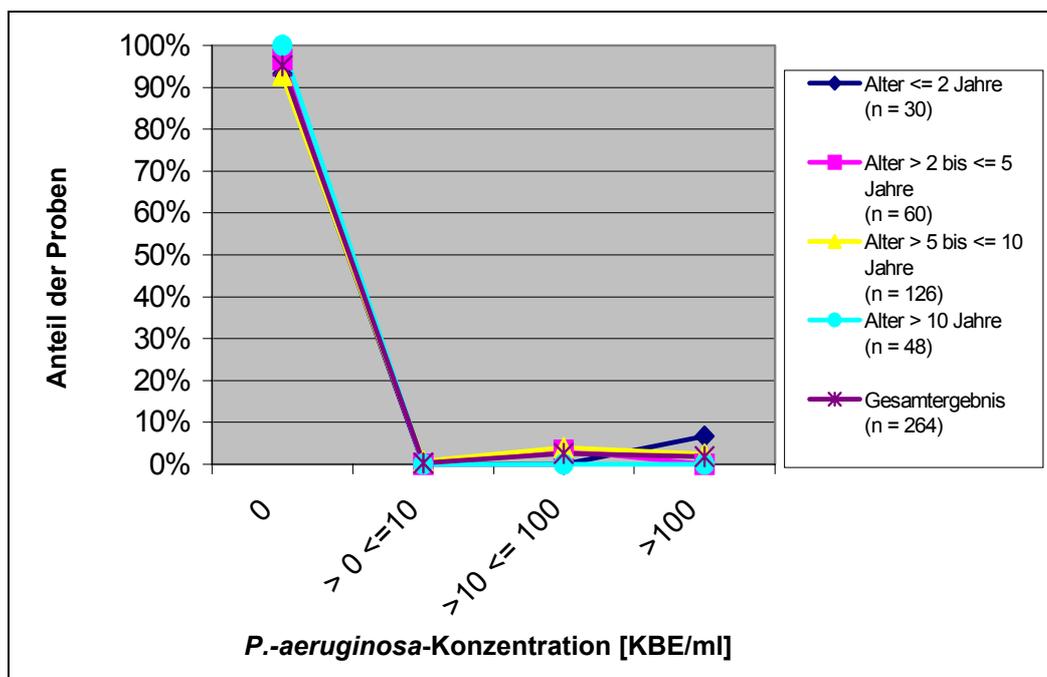


Abb. 28: Häufigkeitsverteilung der *P.-aeruginosa*-Konzentrationen in Abhängigkeit vom Alter der zahnärztlichen Einheiten

3.5.5 Praxisbezogenes Vorkommen von *Pseudomonas aeruginosa*

In drei der zwölf Praxen wurde *P. aeruginosa* nachgewiesen (25,0 %). Ein Vergleich des Vorkommens von *P. aeruginosa* mit den Mittelwerten der Gesamtkeimzahlen der jeweiligen Praxen zeigt, dass in den beiden Praxen mit den höchsten Mittelwerten der Gesamtkeimzahl (Praxis 2 und Praxis 13) auch jeweils *P. aeruginosa* nachgewiesen wurde. Allerdings war dies auch in Praxis 9 der Fall, welche mit 10.392 KBE/ml eine eher durchschnittliche mittlere Gesamtkeimzahl aufwies.

Auffällig ist, dass in allen drei mit *P. aeruginosa* belasteten Praxen auch Legionellen nachgewiesen wurden.

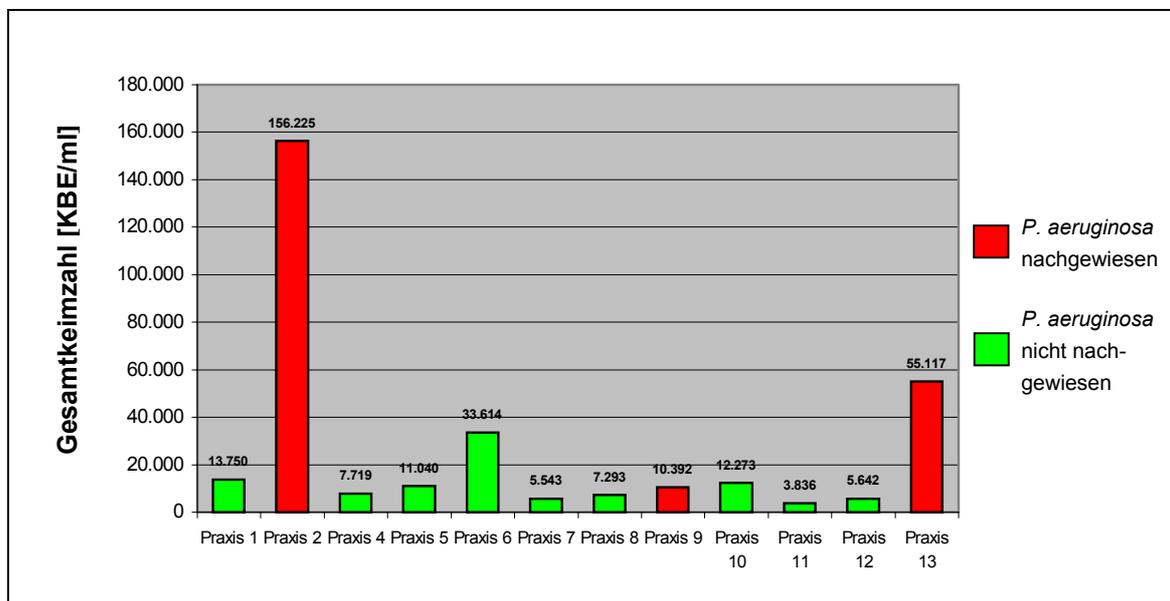


Abb. 29: Nachweis von *P. aeruginosa* in Abhängigkeit von der mittleren Gesamtkeimzahl der einzelnen Praxen

3.5.6 Beziehung zwischen den Konzentrationen von *Pseudomonas aeruginosa* und den Gesamtkeimzahlen der einzelnen Proben

Betrachtet man Abbildung 30, so erkennt man, dass alle Proben, die *P. aeruginosa* enthielten, stets eine Gesamtkeimzahl von annähernd 10^4 KBE/ml oder mehr aufwiesen.

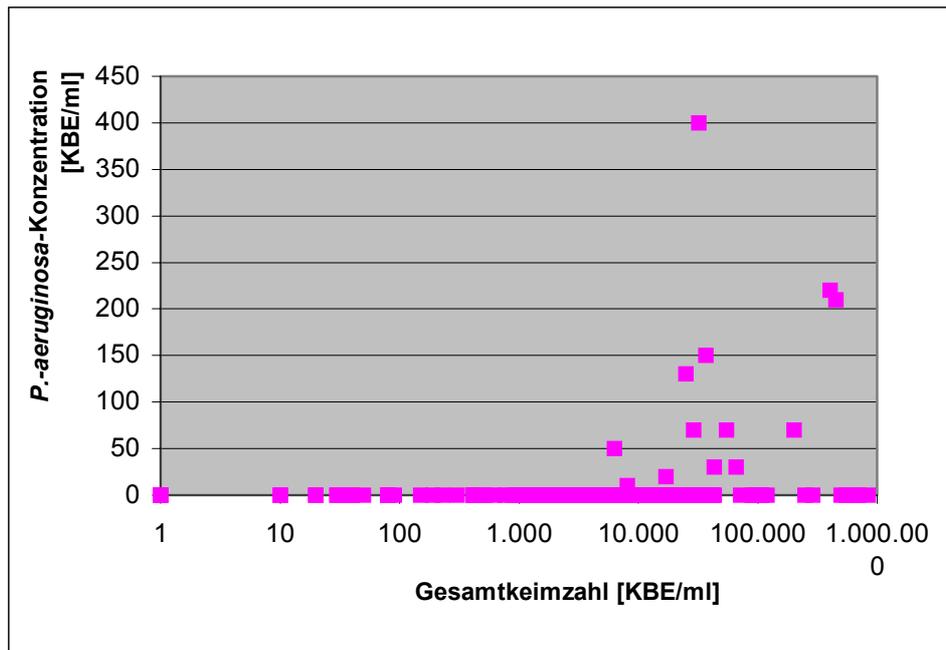


Abb. 30: *P.-aeruginosa*-Konzentration in Abhängigkeit von der Gesamtkeimzahl der einzelnen Proben (halblogarithmisch)

3.5.7 Beziehung zwischen *Pseudomonas aeruginosa* und Legionellen

Abbildung 31 zeigt eine tendenziell negative Korrelation zwischen der Konzentration von *P. aeruginosa* und der Legionellenkonzentration der einzelnen Proben. Das heißt, in den Proben mit gleichzeitigem Nachweis von *P. aeruginosa* und Legionellen lag die nachgewiesene Konzentration der einzelnen Bakteriengruppe tendenziell umso höher, je niedriger die nachgewiesene Konzentration der anderen Bakteriengruppe war.

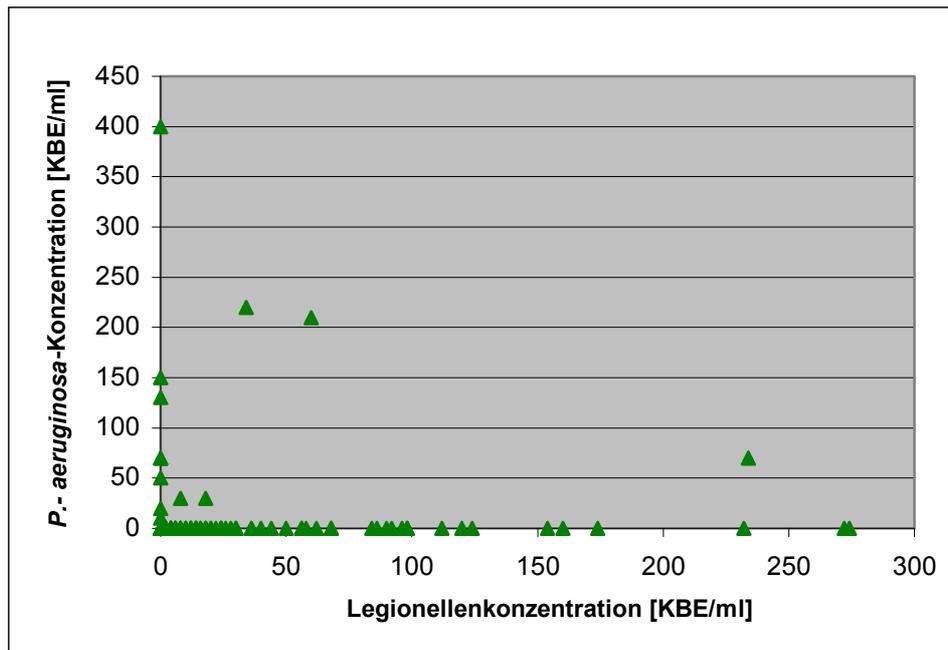


Abb. 31: P.-aeruginosa-Konzentration in Abhängigkeit von der Legionellenkonzentration der einzelnen Proben

4 Diskussion

4.1 Allgemeines

In der vorliegenden Studie wurde in niedergelassenen Praxen, also unter täglich vorkommenden, realen Bedingungen für Behandlungsteam und Patienten, eine Bestandsaufnahme der Wasserqualität in zahnärztlichen Einheiten durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass ähnlich wie bei früheren Studien, die allerdings stets in großen Kliniken stattfanden, in den meisten Fällen hohe Keimbelastungen des Wassers in den Dentaleinheiten zu finden waren. Auch fakultativ pathogene Keime wie Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa* wurden immer wieder nachgewiesen.

Wasser aus Dentaleinheiten, welches verschluckt, als Aerosol eingeatmet oder an parodontale oder dentale Wundflächen gelangen kann, sollte mindestens Trinkwasserqualität aufweisen. Gemäß deutscher Trinkwasserverordnung darf pro ml Trinkwasser eine „Gesamtkeimzahl“ von 100 KBE nicht überschritten werden (Bundesministerium für Jugend, Familie, Frauen und Gesundheit 1990). Diesem Richtwert liegt mit dem Gussplattenverfahren jedoch ein anderes Messverfahren zu Grunde als den vorliegenden Untersuchungen, bei denen R2A-Agar verwendet wurde. Der Grund dafür, dass hier ein nährstoffarmes Medium verwendet wurde, war die Vergleichbarkeit mit internationalen Studien, da insbesondere in den USA häufig R2A-Agar zum Einsatz kommt (Barbeau und Nadeau 1997). Dieser Agar ist durchschnittlich um etwa ein bis zwei Zehnerpotenzen sensitiver als das Gussplattenverfahren, was bei der Bewertung der gemessenen Werte berücksichtigt werden muss. Der Verzicht auf die gemäß Trinkwasserverordnung zulässige Methode zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl ergab sich darüber hinaus aus der während der praktischen Durchführung der vorliegenden Arbeit stattgefundenen Novellierung der Trinkwasserverordnung (Anonymus 2001) und der damit einhergehenden Änderung des Nachweisverfahrens für die Gesamtkeimzahl.

Eine detaillierte Bestimmung des Keimspektrums im Wasser aus Dentaleinheiten erfolgte in früheren Arbeiten (Borneff 1986, Williams J und Johnston 1993, Williams H et al. 1995a, Barbeau et al. 1996), so dass in der vorliegenden Untersuchung auf die genaue Differenzierung der isolierten Mikroorganismen verzichtet wurde. Die gesonderte Untersuchung der Proben auf Legionellen und *P. aeruginosa* ergab sich daraus, dass gesundheitliche Risiken durch das Vorkommen dieser fakultativ pathogenen Bakterien im Wasser von Dentaleinheiten in der Literatur immer wieder besonders hervorgehoben wurden (Abel et al. 1971, Clark 1974, Exner et al. 1981, Borneff 1986, Martin 1987, Atlas et al. 1995,

Blume und Schmidt 2000) wie auch aus deren pathogenem Potential bei Übertragung durch Aerosole (Clark 1974, Reinthaler et al. 1988, Jatzwauk et al. 2000).

4.2 Gesamtkeimzahlen

4.2.1 Überblick, mögliche Gründe der Verkeimung

Die in der Literatur angegebenen Gesamtkeimzahlen des Wassers aus zahnärztlichen Einheiten schwanken von null bis zu mehreren Millionen KBE/ml (Whitehouse et al. 1991, Williams J und Johnston 1993, Williams H et al. 1995a, Blume und Schmidt 2000, Walker et al. 2000). In der vorliegenden Studie lagen diese Werte zwischen null und 840.000 KBE/ml, wobei am häufigsten Werte zwischen 1.000 und 10.000 KBE/ml gemessen wurden. Der Mittelwert aller 264 Proben lag bei 30.123 KBE/ml (Standardabweichung 100.265 KBE/ml).

Ähnlich wie in einer Studie von J. Williams und Johnston (1993) wiesen auch in den vorliegenden Untersuchungen die Wasserproben aus den Waschbecken der Praxen (n = 12) niedrigere Gesamtkeimzahlen (< 1.000 KBE/ml) auf als die Wasserproben aus den Dentaleinheiten. Somit scheinen die Gründe für die hohen Verkeimungsraten der Einheiten hauptsächlich in den Behandlungsstühlen selbst zu liegen. Scheinbar reichen konstruktionsbedingt aufgrund der engen Schläuche, der geringen Fließgeschwindigkeit und des Kunststoffmaterials wenige Keime im zufließenden Leitungswasser aus, um eine intensive Biofilmbildung in Gang zu setzen und im austretenden Kühlwasser Keimzahlen von bis zu mehreren Hunderttausend KBE/ml zu bewirken. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit decken sich mit denen der Untersuchungen anderer Autoren (Grün und Crott 1969, Kelstrup et al. 1977, Furuhashi und Miyamae 1985, Borneff 1986, Fiehn und Hendriksen 1988, Mayo und Oertling 1990, Lück et al. 1992, Stampi et al. 1996, Williams J et al. 1996b, Meiller et al. 2001a, Panagakos et al. 2001, Shepherd et al. 2001, Pietsch et al. 2002).

Wie H. Williams et al. feststellten (1995b), kommt es bei neuen Dentaleinheiten nach deren Anschluss an die Hauswasserleitung innerhalb von wenigen Tagen zu einer Biofilmbildung an den Schlauchinnenwänden. Ähnliche Beobachtungen machten Tall et al. 1995. Die aufgrund des in den wasserführenden Systemen der Dentaleinheiten vorherrschenden hohen Oberflächen-Volumen-Quotienten rasche Biofilmbildung an den Schlauchinnenwänden und der daraus resultierende Eintrag großer Mengen von Biofilmbakterien in das durchfließende Wasser scheint die Hauptursache für die stark erhöhten Gesamtkeimzahlen im austretenden Kühlwasser zu sein (Whitehouse et al 1991, Walker et al. 2000, Lee et al. 2001, Mayo und Oertling 1990, Bierhenke und Schmage 2002).

4.2.2 Zusammenhang zwischen der Entkeimungsart und den Gesamtkeimzahlen

In der vorliegenden Arbeit wurde festgestellt, dass die Proben aus Einheiten, die mit einer Dauer- oder Intensiventkeimung auf der Basis von Wasserstoffperoxid ausgestattet waren, im Durchschnitt niedrigere Mittelwerte der Gesamtkeimzahl und seltener Gesamtkeimzahlen von mehr als 1.000 KBE/ml aufwiesen als Proben aus Einheiten ohne Entkeimung. Die intensiventkeimten Einheiten, bei denen zusätzlich zur kontinuierlichen Desinfektionsmittelzufuhr einmal wöchentlich höhere Wirkstoffkonzentrationen verwendet werden, erreichten insgesamt die niedrigsten Gesamtkeimzahlen.

Auch andere Autoren konnten eine Verbesserung der Wasserqualität zahnärztlicher Einheiten durch Wasserstoffperoxid nachweisen (Bierhenke et al. 2000, Demuth und Dunkelberg 2000, Behringer und Jatzwauk 2001, Linger et al. 2001, Bierhenke und Schmage 2002). Blume und Schmidt hingegen stellten im Jahre 2000 keine besseren Ergebnisse an Einheiten mit H₂O₂-Innendesinfektion im Vergleich mit Einheiten ohne Innendesinfektion fest, ihre Wasserproben enthielten aber auch insgesamt nur wenige Bakterien.

Die Innendesinfektion der Dentaleinheiten allein reichte in der vorliegenden Studie jedoch nicht aus, um kontinuierlich niedrige Gesamtkeimzahlen zu gewährleisten. Auch wenn niedrigere Werte als bei nicht entkeimten Einheiten gemessen wurden, traten trotzdem auch bei Einheiten mit Entkeimung nicht selten Gesamtkeimzahlen von mehr als 10.000 KBE/ml auf. Diese Beobachtung stimmt mit denen anderer Autoren überein (Blume und Schmidt 2000, Behringer und Jatzwauk 2001, Bierhenke und Schmage 2002). Grund dafür ist wahrscheinlich, dass die angewendeten Konzentrationen zwar im Laborversuch ausreichen, um die entsprechenden Bakterien abzutöten, für die Verhinderung der Biofilmbildung bzw. die Inaktivierung von Mikroorganismen vorhandener Biofilme jedoch viel höhere Konzentrationen notwendig wären (Jatzwauk et al. 2000). Höhere Wirkstoffkonzentrationen aber würden wiederum neue Probleme wie Beschädigungen der Kunststoffschläuche, Geschmacksbeeinträchtigungen oder Schadstoffbelastungen mit sich bringen.

Des Weiteren kann auch die Nichteinhaltung des Desinfektionsprotokolles durch das Personal zu erhöhten Keimzahlen führen (Williams H et al. 1995a, Shepherd et al. 2001, Bierhenke und Schmage 2002). Diese Feststellung wurde auch bei den vorliegenden Untersuchungen gemacht. In einer Praxis (Praxis 3) wurde, wie sich nach der Beprobung herausstellte, mehrere Wochen lang keine Intensiventkeimung der beiden Einheiten durchgeführt. Bei der dann erfolgten Nutzung der Entkeimungsanlage wurde aufgrund einer Fehlbedienung kein Desinfektionsmittel verwendet. Daraus resultierten stark

überdurchschnittliche Gesamtkeimzahlen von bis zu 900.000 KBE/ml. Dies waren die höchsten Werte, die überhaupt in dieser Untersuchung gemessen wurden. Eine regelmäßige Überwachung der Desinfektionsmaßnahmen scheint also unbedingt erforderlich.

4.2.3 Zusammenhang zwischen Stagnationszeiten und Gesamtkeimzahlen

Mit Hilfe der zweifachen Probenentnahme - jeweils montags und dienstags – sollte in dieser Studie der Einfluss der Wasserstagnation in den Einheiten über das Wochenende auf die Höhe der Gesamtkeimzahlen ermittelt werden. Es stellte sich heraus, dass insbesondere bei Einheiten ohne Entkeimung und mit Dauerentkeimung von montags auf dienstags eine Verminderung der Gesamtkeimzahlen stattfand. Bei intensiventkeimten Einheiten fällt diese Verschiebung am geringsten aus, was dadurch zu erklären ist, dass bei dieser Gruppe über das Wochenende die Intensiventkeimung stattfindet und so der Vermehrung der Mikroorganismen in dieser Zeit entgegengewirkt wird.

Die Stagnation des Wassers führte insgesamt zu höheren Keimzahlen. Diese Beobachtung deckt sich mit denen von Abel et al. (1971), J. Williams et al. (1996b), Pankhurst et al. (1998) sowie Tonetti-Eberle und Mombelli (2001). Andere Autoren hingegen konnten keinen Einfluss der Stagnation auf die Höhe der Gesamtkeimzahlen feststellen (Williams H et al. 1994b, Blume und Schmidt 2000, Jatzwauk und Reitemeier 2002).

Die in dieser Arbeit gemachten Beobachtungen stützen die Forderung des Robert-Koch-Institutes (1998) und der American Dental Association (1999), die Wasserleitungen der Einheiten insbesondere morgens vor Behandlungsbeginn für mehrere Minuten, aber auch zwischen den einzelnen Patienten für 20 - 30 Sekunden durchzuspülen. Dies soll die erhöhten Keimzahlen nach Standzeiten verringern und eventuell während der Behandlung über den Rücksaugeffekt in die Leitungen gelangte Keime herauspülen. Die Keimzahlreduktion durch Spülmaßnahmen wurde in der Literatur mehrfach bestätigt (Exner et al. 1981, Mayo und Oertling 1990, Whitehouse et al. 1991, Williams J und Johnston 1993, Williams H et al. 1995a, Fayle und Pollard 1996, Tonetti-Eberle und Mombelli 2001, Jatzwauk und Reitemeier 2002a/b). Allerdings wiesen die meisten Autoren darauf hin, dass die Keimreduktion zum einen nicht dauerhaft anhält (Whitehouse et al. 1991, Santiago et al. 1994, Williams H et al. 1995a, Meiller et al. 1999, Pederson et al. 2002) und zum anderen die Biofilme in den Schläuchen aufgrund der laminaren Strömung durch Spülen nicht beeinflusst werden (Mayo und Oertling 1990, van der Wende und Characklis 1990, Williams J und Johnston 1993, Williams J et al. 1996a, Meiller et al. 1999). Spülen allein führt nicht zuverlässig zu Trinkwasserqualität des Kühlwassers (Mayo und Oertling 1990, Williams J und Johnston 1993, Miller 1996, Frosina und Mathews 1999, Jatzwauk und Reitemeier

2002b). Auch sind Spülzeiten von zwei bis drei Minuten pro Entnahmestelle ein praktisches Problem, denn bei einer Turbine, zwei Winkelstücken, einem Ultraschallgerät und zwei Luft-Wasser-Spritzen je Einheit ist ein Zeitaufwand von mehr als zehn Minuten pro Zimmer erforderlich. Dies erfordert Personal, und außerdem steht das Zimmer während der Spülzeiten nicht für den Behandlungsbetrieb zur Verfügung.

4.2.4 Zusammenhang zwischen der Probenentnahmestelle und den Gesamtkeimzahlen

Die Probenentnahmestelle (Turbine, Ultraschallgerät und Luft-Wasser-Spritze auf der Helferinnenseite) hatte in den vorliegenden Untersuchungen keine Auswirkungen auf die Höhe der Gesamtkeimzahlen. Sowohl die Mittelwerte als auch die Häufigkeitsverteilungen der verschiedenen Entnahmestellen waren nahezu identisch. Zu diesem Ergebnis kamen auch Walker et al. (2000) sowie Bierhenke und Schmage (2002), während in anderen Studien (Williams J und Johnston 1993, Barbeau et al. 1996, Stampi et al. 1996 und 1999) entnahmeortbedingte Unterschiede in den Gesamtkeimzahlen beobachtet wurden. Je nach Studie waren jedoch verschiedene Entnahmestellen besonders stark belastet. Bei J. Williams und Johnston (1993), bei Barbeau et al. (1996) sowie bei Stampi et al. (1999) waren dies die Winkelstücke, bei Stampi et al. (1996) die Ultraschallgeräte und die Luft-Wasser-Spritzen. Eine eindeutige Tendenz lässt sich also auch in der Literatur nicht erkennen.

4.2.5 Zusammenhang zwischen dem Alter der Dentaleinheiten und den Gesamtkeimzahlen

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit ließ sich kein Einfluss des Alters der Einheiten auf die Höhe der Gesamtkeimzahlen ableiten. In allen Altersgruppen kamen Proben mit hohen und mit niedrigen Keimzahlen vor. Es gab sowohl Proben aus neuen Einheiten (jünger als zwei Jahre) mit sehr hohen Keimzahlen (> 100.000 KBE/ml) als auch alte Einheiten (älter als zehn Jahre) mit sehr niedrigen Gesamtkeimzahlen. Der Mittelwert der jüngsten Einheiten war mit über 100.000 KBE/ml sogar deutlich höher als der aller anderen Gruppen, wobei jedoch bei der relativ geringen Probenzahl ($n = 30$) bereits wenige Ausreißer zu einem starken Anstieg des Mittelwertes führten.

Auch Jatzwauk et al. stellten im Jahr 2000 fest, dass nicht immer ein Einfluss des Einheitenalters auf die Biofilmbildung besteht und dass sowohl alte als auch neue Einheiten betroffen sein können. In einer Studie von Bierhenke und Schmage (2002) schnitten die älteren Einheiten ein wenig schlechter ab als die jüngeren, der Unterschied war jedoch nicht signifikant. In Untersuchungen von Blume und Schmidt (2000) hingegen nahm die

Wasserqualität mit steigendem Alter stärker ab. Ihre Ergebnisse zeigten, dass innerhalb von vier Jahren nach Installation der Einheiten der Anteil der Proben mit Trinkwasserqualität von 83,56 % auf 72,36 % absank.

4.3 Legionellen, *Pseudomonas aeruginosa* und coliforme Bakterien

4.3.1 Überblick

In den in dieser Studie untersuchten Kühlwasserproben wurden sowohl Legionellen als auch *Pseudomonas aeruginosa* mehrfach nachgewiesen. Beide Bakteriengruppen enthalten fakultativ humanpathogene Erreger (Hardalo und Edberg 1997, WHO 2002) und sind bei Aerosolierung - wie beispielsweise beim hochoffenen Beschleifen - theoretisch in der Lage, Infektionen bei Patienten und Behandlungsteam hervorzurufen. *P. aeruginosa* kann darüber hinaus auch über andere Infektionswege, beispielsweise nach Besiedelung von Wunden, zu Erkrankungen führen. Coliforme Bakterien wurden unter den vorherrschenden Untersuchungsbedingungen in keiner Probe gefunden.

32,2 % der 264 Proben aus Dentaleinheiten enthielten Legionellen, 17,4 % der Proben enthielten *L. pneumophila*. Die gemessenen Werte schwankten zwischen 2 und 274 KBE/ml. Über ähnliche Ergebnisse berichteten Zanetti et al. im Jahr 2000. Sie fanden in ihren Untersuchungen in 21,8 % der Proben *L. pneumophila*. In einer Studie von Reinhaller und Mascher aus dem Jahr 1986 lag dieser Wert bei 10 %. Atlas et al. entdeckten 1995 in 68 % ihrer Proben Legionellen-Spezies, 8 % davon waren *L. pneumophila*. Auch andere Autoren berichteten über Legionellen in Dentaleinheiten (Borneff 1986, Lück et al. 1992, Challacombe und Fernandes 1995, Williams H et al. 1996).

Der Anteil der mit *P. aeruginosa* belasteten Proben aus zahnärztlichen Einheiten lag in der vorliegenden Studie bei 4,9 % (n = 264). Die Höhe der gemessenen Werte schwankte zwischen 20 und 400 KBE/ml. In der Literatur schwanken die Angaben bezüglich Nachweishäufigkeit und Keimzahlen dieser Bakterienart. Es wurde über Probenanteile von 3,1 % (Jatzwauk et al. 2000), 13,0 % (Filippi 1997) und 13,4 % (Blume und Schmidt 2000) berichtet, die mit *P. aeruginosa* kontaminiert waren. Untersuchungen von Borneff (1986) ergaben, dass die Hälfte der *P. aeruginosa* - positiven Proben Keimzahlen von mehr als 1.000 KBE/ml aufwiesen.

Alle Proben der vorliegenden Arbeit, die aus Waschbecken der Praxen stammten (n = 12), waren frei von Legionellen und *P. aeruginosa*. Dies widerspricht der Annahme, dass die mikrobielle Kontamination des Kühlwassers von Dentaleinheiten ein Problem der

Kontamination von Hausinstallationssystemen ist. Vermutlich gelangen meist nur geringe Zahlen solcher Bakterien in die Einheiten und vermehren sich erst dort zu nennenswerten Mengen. Denkbar wäre auch, dass diese Bakterien (insbesondere *P. aeruginosa*) über den Rücksaugeffekt in die Einheiten gelangt sind. Obwohl Rücksaughemmventile installiert waren, könnten geringe Kühlwassermengen beim Loslassen des Bohrantriebschalters in die Schläuche eingesaugt werden, denn solche Klappen sind nicht immer funktionsfähig (Bagga et al. 1984, Walker et al. 2000). Zumindest einige der solchermaßen eingesaugten Bakterien könnten sich dann im engen Schlauchsystem angesiedelt haben. Diese Annahme wird durch Beobachtungen anderer Autoren gestützt, die mehrfach orale Flora wie Streptokokken und Staphylokokken im Wassersystem von Dentaleinheiten nachgewiesen haben (Stampi et al. 1996, Walker et al. 2000, Shepherd et al. 2001).

4.3.2 Mögliche Auswirkungen von mit Legionellen oder *Pseudomonas aeruginosa* kontaminiertem Kühlwasser

L. pneumophila verursachen etwa 90 % der Legionelleninfektionen beim Menschen. Hierbei ist ein Paradoxon zu beobachten: einerseits muss bei stark kontaminierten Wassersystemen nicht zwangsläufig eine Infektion erfolgen, andererseits können bereits auch niedrige Legionellenzahlen Infektionen verursachen (Jatzwauk et al. 2000). Eine Infektionsgefahr beim Einatmen legionellenhaltiger Aerosole, wie sie beim hochoffenen Beschleifen entstehen, wäre also bei den in der vorliegenden Studie gemessenen Legionellenkonzentrationen theoretisch denkbar, insbesondere bei immungeschwächten Patienten. Zu ähnlichen Schlüssen kamen auch andere Autoren (Lück et al. 1992, Williams J et al. 1996b, Barbeau 2000, Jatzwauk et al. 2000, Jatzwauk und Reitemeier 2002a/b). H. Williams et al. (1996) fanden heraus, dass mit Hilfe der PCR-Methode stets höhere Legionellenwerte gefunden werden konnten als beim Anlegen von Kulturen. Tatsächlich könnten die in den vorliegenden Untersuchungen entnommenen Proben also noch mehr Legionellen enthalten haben.

Untersuchungen von Fotos et al. (1985) Reinthaler et al. (1988), Lück et al. (1992) sowie von Paszko-Kovla et al. (1993) ergaben, dass Zahnärzte bzw. zahnärztliches Personal und Zahntechniker höhere Legionellen-Antikörpertiter im Blut aufwiesen als nichtmedizinische Kontrollgruppen. Außerdem berichteten Atlas et al. (1995) von einem an Legionellen verstorbenen Zahnarzt, in dessen Lunge Legionellen des selben Serotypes nachgewiesen werden konnte wie im Wasser seiner Dentaleinheiten. Allerdings fand man diesen Keim auch in seiner heimischen Dusche.

Die Notwendigkeit, beim alleinigen Nachweis von Legionellen im Wasser ohne Nachweis entsprechender Krankheitsfälle Sanierungsmaßnahmen durchzuführen, wird zur Zeit kontrovers beurteilt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO 2002) kommt in einer Analyse der Fachliteratur zu dem Ergebnis, dass es zur Empfehlung solcher Sanierungsmaßnahmen keine ausreichende Erkenntnisgrundlage gibt. Umgekehrt empfiehlt die WHO jedoch, bei Fällen einer nosokomialen Legionellen-Pneumonie die Infektionsquelle zu identifizieren.

Auch die Übertragung von Infektionen mit *P. aeruginosa* durch kontaminiertes Kühlwasser bei der zahnärztlichen Behandlung ist nicht auszuschließen. Dieses Bakterium kann, insbesondere bei abwehrgeschwächten Patienten, Wundinfektionen oder Atemwegserkrankungen hervorrufen (Hardalo und Edberg 1997). Besonders gefährdet sind beispielsweise Mukoviszidosepatienten. Jensen et al. führten 1997 eine Studie durch, bei der gesunde Patienten und Mukoviszidosepatienten zahnärztlich behandelt wurden. In einem Fall fanden sich im Sputum eines Mukoviszidosepatienten und im Wasser der verwendeten Dentaleinheit *P. aeruginosa* desselben Genotypes. Daraus schlossen die Autoren, dass die Übertragung von *P. aeruginosa* auf diesem Weg grundsätzlich möglich ist.

Martin beobachtete 1987 nach zahnärztlicher Füllungstherapie bei zwei Krebspatienten Wundinfektionen durch *P. aeruginosa* in der Mundhöhle. Untersuchungen ergaben, dass in den Wunden *P. aeruginosa* mit dem selben Antibiogramm enthalten waren wie in den Wasserleitungen der verwendeten Behandlungseinheiten. In diesem Artikel wird weiterhin über eine prospektive Studie berichtet, bei der 78 gesunde Patienten an zahnärztlichen Einheiten behandelt wurden, die mit *P. aeruginosa* kontaminiert waren. Anschließend Tests ergaben, dass bei allen Patienten daraufhin die Mundhöhle mit *P. aeruginosa* kolonisiert war. Nach fünf Wochen waren die Bakterien jedoch wieder verschwunden, und während dieser Zeit traten keine manifesten Infektionen auf.

Clark fand 1974 in seinen Untersuchungen im Wasser zahnärztlicher Einheiten und in der Nasenflora von 14 von 30 untersuchten Zahnärzten *Pseudomonas*-Spezies mit demselben Antibiogramm. Auch dies lässt auf eine mögliche Übertragung in der Praxis schließen.

In einer ausführlichen Metaanalyse von Arbeiten über die Risiken von *P. aeruginosa* im Trinkwasser kommen Hardalo und Edberg (1997) zu dem Ergebnis, dass nur wenige Stämme dieser Spezies über einen ausreichenden Satz von Virulenzfaktoren verfügen, um Infektionen hervorrufen zu können. Darüber hinaus weisen die Autoren darauf hin, dass nur ein relativ kleiner und gut identifizierbarer Patientenkreis infektionsgefährdet ist. Die Autoren folgern daraus, dass es überflüssig ist zu versuchen, *P. aeruginosa* aus dem Trinkwasser zu

eliminieren. Sie gehen dabei jedoch nicht auf die speziellen Bedingungen zahnärztlicher Einheiten ein.

Bisher wurden kaum Fälle dokumentiert, in denen Patienten oder Behandler mit Sicherheit durch kontaminiertes Wasser aus zahnärztlichen Einheiten krank geworden sind. Die meisten Autoren gehen davon aus, dass das Risiko einer Infektion auf diesem Weg zumindest für gesunde Patienten gering ist (Shearer 1996, Hardalo und Edberg 1997, Linger et al. 2001, Meiller et al. 2001a, WHO 2002), die Dunkelziffer könnte jedoch hoch sein (Bierhenke und Schmage 2002). Meistens wird aufgrund mehrtägiger Inkubationszeiten die Quelle von Legionelleninfektionen nicht entdeckt (Smith et al. 1999). Es ist also denkbar, dass solche Infektionen von den Patienten nicht mit einem vorausgegangenem Zahnarztbesuch in Verbindung gebracht wurden (Williams J und McKenzie 1995). Weiterhin könnten durch Legionellen verursachte Pontiac-Fieber-Erkrankungen mit einer gewöhnlichen Grippe verwechselt worden sein. Möglich ist auch, dass eine ständige Legionellenexposition bei Zahnärzten und Behandlungsteam lediglich eine Immunantwort induziert, ohne manifeste Erkrankungen auszulösen (Jatzwauk et al. 2000).

Insgesamt schein Vorsicht geboten zu sein, diese eher spekulativen Betrachtungen zur Grundlage übertriebener Forderungen zu machen. In Anbetracht der Tatsache, dass Legionellen und *P. aeruginosa* in der vorliegenden Arbeit nur bei massiv erhöhten Gesamtkeimzahlen nachweisbar waren, die weit über den von der Trinkwasserverordnung genannten Richtwerten liegen dürften, erscheint es jedoch nicht übertrieben, für das Kühlwasser von Dentaleinheiten zumindest Trinkwasserqualität zu fordern. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass Kühlwasser von Dentaleinheiten auch formaljuristisch der Definition von Trinkwasser gemäß Trinkwasserverordnung entsprechen dürfte.

Beachtenswert sind in diesem Zusammenhang zwei Gerichtsverfahren in den USA, über die Mills im Jahr 2000 berichtete. Im ersten Fall verklagte ein Patient aufgrund seiner Endokarditis einen Hersteller zahnärztlicher Einheiten. Im Wasser der Einheit, mit der er behandelt wurde, waren dieselben Moraxellen gefunden worden wie bei ihm. Es kam zu einer Geldzahlung. In einem zweiten Fall gewann eine Patientin einen Prozess, den sie führte, weil sie nach einer zahnärztlichen Behandlung eine Hirnabszess bekam. Auch im Hinblick auf weitere solcher Gerichtsverfahren sollte das Wasser aus Dentaleinheiten möglichst Trinkwasserqualität besitzen.

4.3.3 Zusammenhang zwischen der Entkeimungsart und dem Vorkommen von Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa*

In Bezug auf die Kontamination mit Legionellen und *P. aeruginosa* wurden in der vorliegenden Arbeit große Unterschiede zwischen den verschiedenen Entkeimungsarten festgestellt. Während 60,0 % der Einheiten mit Dauerentkeimung (n = 20) und 43,8 % der Einheiten ohne Entkeimung (n = 16) Legionellen aufwiesen, waren alle intensiventkeimten Einheiten (n = 8) frei von Legionellen. Ebenso war dieser Einheitentyp stets frei von *P. aeruginosa*, während 10,0 % der Einheiten mit Dauerentkeimung (n = 20) und 18,8 % der Einheiten ohne Entkeimung (n = 16) dieses Bakterium enthielten. Auch Demuth und Dunkelberg (2000) beobachteten, dass eine Reduktion von *P. aeruginosa* durch ein Desinfektionsmittel auf Wasserstoffperoxidbasis stattfand. Pietsch et al. hingegen berichteten im Jahr 2002, dass bei ihren Untersuchungen die Konzentration von *P. aeruginosa* durch Dauer- und Intensiventkeimungen kaum beeinflusst wurde.

4.3.4 Zusammenhang zwischen Stagnationszeiten und dem Vorkommen von Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa*

Man kann in der vorliegenden Studie eine deutliche Reduktion der Mittelwerte sowohl von Legionellen als auch von *P. aeruginosa* von montags auf dienstags erkennen. Der Mittelwert der Legionellen sank von montags 19 KBE/ml auf dienstags 10 KBE/ml, der *P. aeruginosa*-Mittelwert sank von montags 8 KBE/ml auf dienstags 4 KBE/ml. Grund dafür könnte eine Vermehrung dieser Keime über das Wochenende sein, wenn die Wassersäule in den Einheiten stagniert, wohingegen durch die Behandlung montags und dienstags Keime mechanisch herausgespült und somit die Keimzahlen gesenkt werden (s. auch Gesamtkeimzahlen).

4.3.5 Zusammenhang zwischen dem Alter der Dentaleinheiten und dem Vorkommen von Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa*

Analog zu den Gesamtkeimzahlen wurde in den vorliegenden Untersuchungen kein Zusammenhang zwischen dem Alter der Dentaleinheiten und dem Vorkommen von Legionellen und *P. aeruginosa* festgestellt. Proben mit hohen und niedrigen Zahlen dieser Keime sowie Proben, die frei von beiden Keimen waren, kamen in Einheiten jeder Altersgruppe vor. Anscheinend sind andere Parameter für die Kontamination zahnärztlicher Einheiten mit diesen Keimen entscheidend.

4.3.6 Zusammenhang zwischen den Gesamtkeimzahlen und dem Vorkommen von Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa*

Je höher in der vorliegenden Studie die Gesamtkeimzahlen der Proben waren, desto häufiger fanden sich darin Legionellen und *P. aeruginosa*. Es scheint demnach ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Gesamtkeimzahl und dem Auftreten dieser beiden Keime zu bestehen. Diese Beobachtungen stimmen, was *P. aeruginosa* betrifft, mit denen von Zanetti et al. (2000) überein, die ebenfalls feststellten, dass die Anzahl der Proben, die *P. aeruginosa* enthielten, mit steigender Gesamtkeimzahl anstieg. Auch Barbeau et al. berichteten 1996, dass in ihrer Studie diejenigen Proben, die mit *P. aeruginosa* kontaminiert waren, signifikant höhere Gesamtkeimzahlen aufwiesen. Legionellen hingegen fanden Zanetti et al. besonders häufig in Proben mit niedrigeren Gesamtkeimzahlen.

4.3.7 Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von *P. aeruginosa* und dem Vorkommen von Legionellen

Stellt man bei den vorliegenden Untersuchungen die Keimzahl der nachgewiesenen Legionellen derjenigen der nachgewiesenen *P. aeruginosa* gegenüber, so ist zu erkennen, dass das Auftreten von *P. aeruginosa* in den meisten Fällen mit niedrigen Legionellenzahlen korreliert. Ebenso verhielt es sich in einer Studie von Zanetti et al. (2000). Sie vermuteten, dass *P. aeruginosa* möglicherweise in der Lage sind, das Wachstum von Legionellen zu hemmen. Auch Barbeau et al. schrieben 1996, dass *P. aeruginosa* Bakteriozine produziert, die das Wachstum anderer Mikroorganismen hemmen und dass sich dadurch ein kompetitiver Vorteil für *P. aeruginosa* bei der Kolonisation ergibt.

4.4 Schlussfolgerungen

1.) Das Problem der hohen mikrobiellen Belastung zahnärztlicher Wasserleitungen ist auch im niedergelassenen Bereich gegenwärtig nicht gelöst. Intensiventkeimte Einheiten scheinen etwas weniger stark belastet zu sein als andere, besonders was die fakultativ pathogenen Bakterien *P. aeruginosa* und Legionellen betrifft. Dennoch weisen auch diese Einheiten teilweise sehr hohe Gesamtkeimzahlen auf. Aus infektionspräventiver Sicht besteht ein Missverhältnis zwischen der Vielzahl von Maßnahmen zu Desinfektion und Sterilisation zahnärztlicher Einrichtung und Instrumente und der hohen Last zum Teil fakultativ pathogener Mikroorganismen des Kühlwassers, dem zahnärztliche Patienten und Personal exponiert sind. Einerseits werden beispielsweise Winkelstücke zum Schutz vor pathogenen Krankheitserregern zwischen den einzelnen Patienten sterilisiert und eingeschweißt,

andererseits enthält das Kühlwasser, das während der Behandlung durch sie hindurchfließt, zum Teil fakultativ pathogene Mikroorganismen.

2.) Die derzeit in den Praxen gebräuchlichen Einheiten sind größtenteils nicht in der Lage, Kühlwasser bereitzustellen, welches Keimzahlen von weniger als 100 KBE/ml enthält. Es müssen neue, preisgünstige Methoden zur Dekontamination der Wasserleitungen in Dentaleinheiten entwickelt werden, die in niedergelassenen Praxen praktikabel und möglichst für vorhandene Behandlungsstühle nachrüstbar sind.

3.) Solange keine neuen, wirksameren Dekontaminationsmethoden auch für niedergelassene Praxen zu Verfügung stehen, sollte ein Durchspülen der Einheiten morgens sowie zwischen den Patienten erfolgen und, sofern vorhanden, Entkeimungsanlagen verwendet werden. Dabei ist ein standardisiertes Desinfektionsprotokoll und eine regelmäßige Wartung der Anlagen unverzichtbar, denn hier entstandene Fehler können schnell zu einem starken Keimzahlanstieg führen.

5 Zusammenfassung

In 13 Praxen niedergelassener Zahnärzte im Großraum Düsseldorf wurden 276 Wasserproben aus zahnärztlichen Einheiten der Firmen KaVo und Sirona sowie 13 Proben aus Waschbecken der Praxen hinsichtlich ihrer bakteriologischen Kontamination untersucht. Dabei wurden jeweils die Gesamtkeimzahlen ermittelt, und es wurde überprüft, ob die Proben Legionellen, *Pseudomonas aeruginosa* oder coliforme Bakterien enthielten.

Die Gesamtkeimzahlen der 264 verwertbaren Einheitenproben lagen im Bereich von < 10 KBE/ml bis 840.000 KBE/ml, der Mittelwert betrug 30.123 KBE/ml (Standardabweichung 100.265 KBE/ml). Die Gesamtkeimzahlen variierten stark. 32,2 % der 264 Proben enthielten Legionellen, 17,4 % *L. pneumophila*. In 4,9 % der 264 Proben konnte *P. aeruginosa* nachgewiesen werden. Coliforme Bakterien wurden in keiner Probe gefunden.

Alle Proben aus Waschbecken enthielten Gesamtkeimzahlen von unter 1.000 KBE/ml. Legionellen, *P. aeruginosa* und coliforme Bakterien wurden dort nicht nachgewiesen.

Es wurde zwischen Einheiten ohne Entkeimungsanlage, mit Dauerentkeimung und mit Intensiventkeimung unterschieden. Diejenigen mit Intensiventkeimung wiesen die niedrigsten Gesamtkeimzahlen auf (Mittelwert 8.363 KBE/ml, Standardabweichung 12.294 KBE/ml), gefolgt von Einheiten mit Dauerentkeimung (Mittelwert 17.075 KBE/ml, Standardabweichung 65.466 KBE/ml) und denen ohne Entkeimung (Mittelwert 57.314 KBE/ml, Standardabweichung 144.997 KBE/ml). Weiterhin enthielt keine der acht Einheiten mit Intensiventkeimung Legionellen oder *P. aeruginosa*, während 60,0 % der 20 dauerentkeimten Einheiten Legionellen und 10,0 % dieser Einheiten *P. aeruginosa* aufwiesen. Einheiten ohne Entkeimung (n = 16) enthielten zu 43,8 % Legionellen und zu 18,8 % *P. aeruginosa*.

Des Weiteren wurde der Einfluss von Stagnationszeiten auf die mikrobielle Belastung des Wassers der Dentaleinheiten untersucht. Es zeigte sich, dass montags morgens, nachdem die Einheiten über das Wochenende nicht in Betrieb gewesen waren, bei allen Entkeimungstypen die Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen, Legionellen und *P. aeruginosa* deutlich höher waren als dienstags während des Praxisbetriebes.

Die Probenentnahmestelle hatte keinen Einfluss auf die Höhe der Keimzahlen. Auch zeigte sich keine eindeutige Tendenz bezüglich eines Einflusses des Alters der Dentaleinheiten.

Legionellen und *P. aeruginosa* kamen besonders häufig in Proben vor, die höhere Gesamtkeimzahlen aufwiesen.

6 Literaturverzeichnis

Abel I, Miller R, Micik R, Ryge G (1971): Studies on dental aerobiology. IV. Bacterial contamination of water delivered by dental units. *J-Dent-Res*, 50: 1567 - 1569

American Dental Association Council on Scientific Affairs (1999): Dental unit waterlines: approaching the year 2000. American Dental Association Council on Scientific Affairs. *JADA*, Nov, 130 (11): 1653 - 1664

American Dental Association statement on dental unit waterlines (1996): What about waterlines? (Question of the month). *JADA*, Apr, 127: 434

American Dental Association (1996): ADA statement on dental unit waterlines. Adopted by ADA Board of Trustees, December 13, 1995 and the ADA Council on Scientific Affairs, September 28, 1995. *Northwest-Dent.*, Mar - Apr, 75 (2): 25 - 26

Anonymus (1998): Dental unit waterlines spark controversy (news). *Tex-Dent-J.*, Jun, 115 (6): 78

Anonymus (2001): Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001. *Bundesgesetzblatt I Nr. 24 vom 28.05.2001*: 959ff.

Atlas R, Williams J, Huntington M (1995): Legionella contamination of dental unit waters. *Appl-Environ-Microbiol.*, Apr, 61 (4): 1208 - 1213

Bagga B, Murphy R, Anderson A, Punwani I (1984): Contamination of dental unit cooling water with oral microorganisms and its prevention. *JADA*, 109: 712 - 716

Barbeau J (2000): Waterborne biofilms and dentistry: The changing face of infection control. *J-Can-Dent-Assoc.*, Nov, 66 (10): 539 - 541

Barbeau J, Gauthier C, Payment P (1998): Biofilms, infectious agents and dental unit waterlines: a review. *Can-J-Microbiol.*, Nov, 44 (11): 1019 - 1028

Barbeau J, Nadeau C (1997): Dental unit waterline microbiology: a cautionary tale. *J-Can-Dent-Assoc.*, Nov, 63 (10): 775 - 779

Barbeau J, Tanguay R, Faucher E, Avezard C, Trudel L, Cote L, Prevost AP (1996): Multiparametric analysis of waterline contamination in dental units. *Appl-Environ-Microbiol.*, Nov, 62 (11): 3954 - 3959

Bednarsh H, Erklund K, Mills S (1996): Check your dental unit water IQ. *Dent-Assist.*, 65 (6): 9 - 10, 18, 20 - 21

- Behringer W, Jatzwauk L (2001): Eine neue Methode zur effektiven Entkeimung des Wassers von Dentaleinheiten. ZWR, 110 (10): 671 - 674
- Bentley C, Burkhart N (1994): Evaluating spatter and aerosol contamination during dental procedures. JADA, May, 125: 579 - 584
- Bierhenke R, Schmage P (2002): Zur Verbesserung der mikrobiologischen Wasserqualität in zahnärztlichen Behandlungseinheiten. ZMK, Sep, 18: 550 - 560
- Bierhenke R, Schmage P, Nergiz I, Platzer U (2000): Verhinderung der Keimbesiedlung des Kühlwassersystems in zahnärztlichen Behandlungseinheiten. Dtsch-Zahnärztl-Z., 10 (Supplement)
- Blake G (1963): The incidence and control of bacterial infection in dental spray reservoirs. Br-Dent-J., 115: 413
- Blume M, Schmidt H (2000): Keimbesiedlung zahnärztlicher Behandlungseinheiten und bauartbedingte Unterschiede. ZWR, 109 (4): 160 - 165
- Borneff M (1986): Hygiene-Probleme in der zahnärztlichen Praxis unter besonderer Berücksichtigung der Dentaleinheiten. Zbl-Bakt-Hyg., B 183: 130 - 152
- Borneff M (1993): Infektionsprobleme der zahnärztlichen Tätigkeit und ihre Prophylaxe. Heidelberger Verlagsanstalt und Druckerei GmbH, ISBN 3-89426-055-6
- Bundesministerium für Jugend, Familie, Frauen und Gesundheit (1990): Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung - TrinkwV.) vom 12. Dezember 1990. Mikrobiologische Untersuchungsverfahren. Bundesgesetzblatt, Teil 1: 2613 - 2629
- Cartwright P, Olsen P (1997): The dental dilemma: Microorganism contamination of water lines. Water Conditioning and Purification, May, 82 - 85
- Challacombe S, Fernandes L (1995): Detecting *Legionella pneumophila* in water systems: A comparison of various dental units. JADA, May, 126 (5): 603 - 608
- Christensen R, Ploeger B, Hein D (1998): Dental unit waterlines: Is this one of dentistry's compelling problems? Dent-Today, Jan, 17 (1): 80 - 82, 84 - 87
- Clappison R (1997a): Biofilms part II: practical resolution. Oral Health, Jul, 21 - 24
- Clappison R (1997b): Priority one: Decontamination of dental unit waterlines. Oral-Health, Jun, 87 (6): 11 - 12, 15

Clark A (1974): Bacterial colonisation of dental units and the nasal flora of dental personel. Proc-Roy-Soc-Med., 67: 1269 - 1270

Demuth J, Dunkelberg H (2000): Bakterielle Kontamination und Dekontamination im Wassersystem von Sirona C1 Dentaleinheiten. Dtsch-Zahnärztl-Z., 55 (2): 104 - 108

Douglas C, Rothwell P (1991): Evaluation of a dental unit with a built-in decontamination system. Quintessence Int., Sep, 22 (9): 721 - 726

Douglas C, van Noort R (1993): Control of bacteria in dental water supplies. Br-Dent-J., Mar, 174 (5) 167 - 174

Eleazer P, Schuster G, Weathers D (1997): A chemical treatment regimen to reduce bacterial contamination in dental waterlines. JADA, May, 128: 617 - 623

Exner M, Haun F, Kocikowski R (1981): Zahnärztliche Einheiten als Kontaminationsquelle für *Pseudomonas aeruginosa*. Dtsch-Zahnärztl-Z., 36: 819 - 824

Exner M, Tuschewitzki G, Scharnagel J (1987): Influence of biofilms by chemical disinfectants and mechanical cleaning. Zentralbl-Bakteriol-Mikrobiol-Hyg., Apr, 183: 549 - 563

Fayle S, Pollard M (1996): Decontamination of dental unit water systems: A review of current recommendations. Br-Dent-J., Nov, 181 (10): 369 - 372

Fiehn N, Henriksen K (1988): Methods of disinfection of the water system of dental units by water chlorination. J-Dent-Research, Dec, 67 (12): 1499 - 1504

Filippi A (1997): Ozone is the most effective disinfectant for dental treatment units: Results after 8 years of comparison. Ozone-Sci-Eng, 19: 527

Filippi A, Tilkes F, Beck E, Kirschner H (1991): Wasserdesinfektion zahnärztlicher Behandlungseinheiten durch Ozon. Dtsch-Zahnärztl-Z., 46: 485

Fitzgibbon E, Bartzokas C, Martin M, Gibson M, Graham R (1984): The source, frequency and extent of bacterial contamination of dental unit water systems. Br-Dent-J., Aug, 157 (3): 98 - 101

Fotos P, Westfall H, Snyder I, Miller R, Mutchler B (1985): Prevalence of legionella-specific IgG and IgM in dental clinic population. J-Dent-Res, 64 (12): 1382 - 1385

Frosina C, Mathews E (1999): How is your water? An interdisciplinary approach to management of biofilm in dental unit waterlines. Probe., May - Jun, 33 (3): 15 - 21

- Furuhashi M, Miyamae T (1985): Prevention of bacterial contamination of water in dental units. J-Hops-Infet., Mar,6 (1): 81 - 88
- Gräf W, Vollmuth G (1977): Die konstruktionsbedingte Keimübertragung durch Inneninfektion von Dentaleinheiten. Zbl-Bakt-Hyg. I, Abt. Orig. B. 165: 444 - 457
- Grün C, Crott K (1969): Über den Keimgehalt des Turbinensprays. Teil I: Fahrbare Turbinen. Dtsch-Zahnärztl-Z., 24: 189 – 193
- Hardalo C, Edberg S (1997): *Pseudomonas aeruginosa*: assessment of risk from drinking water. Critical reviews in Microbiology, 23: 47-75
- Heeg P (1999): Infektionen durch Legionellen. Zentr-Steril., 7: 117 - 118
- Jatzwauk L, Lück P, Jacobs E, Neumann K (2000): Infektionsrisiko durch Legionellen in Dentaleinheiten. ZMK, 3: 124 - 129
- Jatzwauk L, Reitemeier B (2002a): A pilot study for the reduction of bacterial contamination of dental unit water systems in routine use. Int-J-Hyg-Environ-Health, 204: 303 - 308
- Jatzwauk L, Reitemeier B (2002b): Untersuchungen zur Keimzahlreduktion im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. Krh-Hyg + Inf-Verh., 24 (5): 157 - 164
- Jensen E, Giwercman B, Ojeniyi B, Bangsborg J, Hansen A, Kochs C, Fiehn N; Hoiby N (1997): Epidemiology of *Pseudomonas aeruginosa* in cystic fibrosis and the possible role of contamination by dental equipment. J-Hosp-Infect., 36: 117 - 122
- Joergensen M, Detsch S, Wolinsky L (1999): Disinfection and monitoring of dental unit waterlines. Gen-Dent., Mar-Apr, 47 (2): 152 - 156
- Karpay R, Plamondon T, Mills S, Dove S (1999): Combining periodic and continuous sodium hypochlorite treatment to control biofilms in dental unit water systems. JADA, Jul, 130 (7): 957 - 965
- Kelstrup J, Funder-Nielsen T, Theilade J (1977): Microbial aggregate contamination of water lines in dental equipment and its control. Acta-Pathol-Microbiol-Immunol-Scand. (B), 85: 177 - 183
- Kim P, Cederberg R, Puttaiah R (2000): A pilot study of two methods for control of dental unit biofilms. Quintessence-Int., Jan, 31 (1): 41 - 48
- Lee T, Waked E, Wolinsky L, Mito R, Danielson R (2001): Controlling biofilm and microbial contamination in dental unit waterlines. J-Calif-Dent-Assoc., Sep, 29 (9): 679 - 684

- Linger J, Molinari J, Forbes W, Farthing C, Winget W (2001): Evaluation of a hydrogen peroxide disinfectant for dental unit waterlines. *JADA*, Sep, 132 (9): 1287 - 1291
- Lizotte J, Peters E, Whitehouse R (1991): Influence of biofilms on microbial contamination in dental unit water. *J-Dent.*, 19: 290 - 295
- Lück P, Lau B, Seidel S, Postl U (1992): Legionellen in Dentaleinheiten - ein hygienisches Risiko? *Dtsch-Zahn-Mund-Kieferheilk.*, 80: 341 - 346
- Marais J, Brozel V (1999): Electro-chemically activated water in dental unit water lines. *Br-Dent-J.*, Aug, 187 (3): 154 - 158
- Martin M (1987): The significance of the bacterial contamination of dental unit water systems. *Br-Dent-J.*, 163: 152 - 153
- Mayo J, Brown C (1999): Effect of in-line bacteriological filters on numbers of heterotrophic bacteria in water emitted from non-autoclavable dental air-water syringes. *Am-J-of -Dentistry*, Oct, 12 (5): 256 - 260
- Mayo J, Oertling K (1990): Bacterial biofilm: A source of contamination in dental air-water syringes. *Clinical preventive Dentistry*, Jun, 12 (2): 13 - 20
- Meiller T, DePaola L, Kelley J, Baqui A, Turng B, Falkler W (1999): Dental unit waterlines: biofilms, disinfection and recurrence. *JADA*, Jan, 130 (1): 65 - 72
- Meiller T, Kelley J, Baqui A, DePaola L (2001a): Disinfection of dental unit waterlines with an oral antiseptic. *J-Clin-Dent.*, 11 (1): 11 - 15
- Meiller T, Kelley J, Baqui A, DePaola L (2001b): Laboratory evaluation of anti-biofilm agents for use in dental unit waterlines. *J-Clin-Dent.*, 12 (4): 97 - 103
- Merne M, Puranen M, Syrjänen S, Hyvönen P (2000): Dental unit water systems harbor large numbers of microorganisms. *Infect-Control-Hosp-Epidemiol.*, May, 21 (5): 301 - 302
- Miller C (1996): Microbes in dental unit water. *J-Calif-Dent-Assoc.*, Jan, 24 (1): 47 - 52
- Mills S (1986): Reduction of microbial contamination in dental units with povidone-iodine 10 %. *JADA*, Aug, 113: 280 - 284
- Mills S (2000): The dental unit waterline controversy: defusing the myths, defining the solutions. *JADA*, Oct, 131 (10): 1427 - 1441

- Murdoch-Kinch C, Andrews N, Atwan S, Jude R, Gleason M, Molinari J (1997): Comparison of dental water quality management procedures. JADA, Sep, 128 (9): 1235 - 1243
- Panagakos F, Lassiter T, Kumar E (2001): Dental unit waterlines: Review and product evaluation. J-N-J-Dent-Assoc., 72 (2): 20 - 25, 38
- Pankhurst C, Johnson N, Woods R (1998) Microbial contamination of dental unit waterlines: The scientific argument. Int-Dent-J., Aug, 48 (4): 359 - 368
- Pankhurst C, Philpott-Howard J (1993): The microbiological quality of water in dental chair units. J-Hosp-Infect., 23: 167 - 174
- Pankhurst C, Philpott-Howard J, Hewitt J, Casewell M (1990): The efficacy of chlorination and filtration in the control and eradication of legionella from dental chair water systems. J-Hosp-Infect., 16: 9 - 18
- Paszko-Kovla C, Shahamat M, Keiser J, Colwell R (1993): Prevalence of antibodies against Legionella species in healthy and patient populations. In: Barbaree J, Brieman R and Dufour (ed): Legionella: Current status and emerging perspectives. Washington DC: American Society for Microbiology: 24 - 26
- Pederson E, Stone M, Ragain J, Simecek J (2002): Waterline biofilm and the dental treatment facility: A review. Gen-Dent., Mar, 50 (2): 190 - 195
- Peters E, McGaw W (1996): Dental unit water contamination. J-Can-Dent-Assoc., Jun, 62 (6): 492 - 495
- Pier G (1998): *Pseudomonas aeruginosa*: A key problem in cystic fibrosis. ASM News, 64 (6): 339 - 347
- Pietsch M, Kraft B, Koch, H (2002): Leistungsgrenzen der H₂O₂ Wasserdeseinfektion in Dentaleinheiten. Aseptica, 1: 18 - 19
- Prevost A, Robert M, Charland R, Barbeau J (1995): Doctor, would you drink water from your dental unit? N-Y-State-Dent-J., Dec, 61 (10): 22 - 28
- Puttaiah R, Cederberg R, Wneck R (1998): Efficacy of chlorhexidine in controlling biofilm contamination of dental unit waterlines. J-Dent-Res., 77: 262
- Reinthaler F, Mascher F (1986): Demonsration of *Legionella pneumophila* in dental units. Zentralbl-Bakteriol-Mikrobiol-Hyg., Dec, 183 (1): 86 - 88

Reinthaler F, Mascher F, Stünzer D (1988): Serological examinations of antibodies against legionella species in dental personnel. J-Dent-Res, 67 (6): 942 - 943

Reynold K (1998): Biofilms - Mechanisms of membrane fouling. Water Conditioning and Purification, Jul: 94 - 95

Robert-Koch-Institut (1998): Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention: Anforderungen an die Hygiene in der Zahnmedizin. Bundesgesundheitsblatt, 8: 363 - 369

Roberts H, Karpay R, Mills S (2000): Dental unit waterline antimicrobial agents' effect on dentin bond strength. JADA, Feb, 131: 179 – 183

Ruckdeschel G (1992): *Legionellaceae* – Gattung *Legionella*. In: Burkhardt F (Hrsg.): Mikrobiologische Diagnostik. Georg Thieme Verlag; Stuttgart, New York: 153-158

Santiago J, Huntington M, Johnston M, Quinn R, Williams J (1994): Microbial contamination of dental unit waterlines: Short and long term effects of flushing. Gen-Dent., Nov-Dec, 548 - 554

Schneider C, Kraut W, Dürr M, Schmidt B, Okpara J, Setz M, Borneff-Lipp M (2001): Investigation for the efficacy of an inline filter for dental units. Int-J-Med-Microbiol., 291 (Suppl. 32): 114

Schulze-Röbbbecke R, Feldmann C, Fischeider R, Janning B, Exner M, Wahl G (1995): Dental Units: An environmental study of sources of potentially pathogenic mycobacteria. Tubercle & Lung Disease, 76: 318 - 323

Schulze-Röbbbecke R, Janning B, Fischeider R (1992): Occurrence of mycobacteria in biofilm samples. Tubercle & Lung Disease, 73: 141 - 144

Shearer, B (1996): Biofilm and the dental office. JADA, Feb, 127: 181 - 189

Shepherd P, Shojaei M, Eleazer P, Van Stewart A, Staat R (2001): Clearance of biofilms from dental unit waterlines through the use of hydroperoxide ion-phase transfer catalysts. Quintessence-Int., Nov, 32 (10): 755 - 61

Siegert W (1998): Biofilme - die unbekannte Kontaminationsquelle. AT direkt (Schülke & Mayr GmbH), Dec, unveröffentlicht

Smith A, Hood J, Bagg J, Burke F (1999): Water, water everywhere but not a drop to drink? Br-Dent-J., Jan, 186 (1): 12 - 14

- Stampi S, Zanetti F, Bergamaschi A, De-Luca G (1999): *Comamonas acidovorans* contamination of dental unit waters. *Lett-Appl-Microbiol.*, Jul, 29 (1): 52 - 55
- Stampi S, Zanetti F, De-Luca G, Romano G, Pistacchio E, Tonelli E (1996): Effect of water softening and heating on microbial contamination of dental unit systems. *Zentralbl-Hyg-Umweltmed.*, Jul, 198 (6): 522 - 530
- Tall B, Williams H, George, K, Gray, R, Walch M (1995): Bacterial succession within a biofilm in water supply lines of dental air-water syringes. *Can-J-Microbiol.*, Jul, 41 (7): 647 - 654
- Tonetti-Eberle B, Mombelli A (2001): Jeden Morgen mindestens drei Minuten Leitungen durchspülen. *DZW*, Nov, 45: 9
- Urbani G, Cavalleri G, Gotte P (1990): Disinfection and sterilization in dentistry. Use of potentiated glutaraldehyde (DIBA-GLAXO) in the water system of dentistry units: Analysis of microbiological activity, physico-chemical compatibility and residues in washing water. *Clin-Trials-J.*, 27 (1): 20 - 29
- Van der Wende E, Characklis WC (1990): Biofilms in potable water systems. In : Mc Feters GA (ed): *Drinking water microbiology*. New York: Springer, 249 – 268
- Von Graevenitz A (1992): *Pseudomonas* und andere anspruchslose nichtfermentierende gramnegative Stäbchen. In: Burkhardt F (Hrsg.): *Mikrobiologische Diagnostik*. Georg Thieme Verlag; Stuttgart, New York: 90-101
- Walker J, Bradshaw D, Bennett A, Fulford M, Martin M, Marsh P (2000): Microbial biofilm formation and contamination of dental unit water systems in general dental practice. *Appl-Environ-Microbiol*, Aug, 66 (8): 3363 - 3367
- Whitehouse R, Peters E, Lizotte J, Lilge C (1991): Influence of biofilms on microbial contamination in dental unit water. *J-Dent*, Oct, 19 (5): 290 - 295
- Williams H, Baer M, Kelley J (1995a): Contribution of biofilm bacteria to the contamination of dental unit water supply. *JADA*, Sep, 126 (9): 1255 - 1260
- Williams H, Johnston A, Kelley J, Baer M, King T, Mitchell B, Hasler J (1995b): Bacterial contamination of water supply in newly installed dental units. *Quintessence-Int.*, May, 26 (5): 331 - 337
- Williams H, Kelley J, Folineo D, Williams G, Hawley C, Sibiski J (1994a): Assessing microbial contamination in clean water dental units and compliance with disinfection protocol. *JADA*, Sep, 125 (9): 1205 - 1211

Williams H, Paszko-Kolva C, Shahamat M, Palmer C, Pettis C, Kelley J (1996): Molecular techniques reveal high prevalence of *Legionella* in dental units. JADA, Aug, 127 (8): 1188 - 1193

Williams H, Quinby H, Romberg E: (1994b): Evaluation and use of a low nutrient medium and reduced incubation temperature to study bacterial contamination in the water supply of dental units. Can-J-Microbiol., Feb, 40 (2): 127 - 131

Williams J, Andrews N, Santiago J (1996a): Microbial contamination of dental unit waterlines: Current preventive measures and emerging options. Compend-Contin-Educ-Dent., Jul, 17 (7): 691 - 694, 696 - 698

Williams J, Johnston M (1993): Microbial contamination of dental unit water lines: Prevalence, intensity and microbiological characteristics. JADA, Oct, 124: 59 - 65

Williams J, McKenzie C (1995): Thoracic complications of dental surgical procedures: Hazards of the dental drill. American Journal of Medicine, 99: 331

Williams J, Molinari J, Andrews N (1996b): Microbial contamination of dental unit waterlines: Origins and characteristics. Compend-Contin-Educ-Dent., Jun, 17 (6): 538 - 540, 542, 558

World Health Organization (2002): Guidelines for drinking water quality. Addendum: Microbial agents in drinking water. 2nd ed., Genève

Wuesthoff T (2001): Dental waterline filters. JADA, 132 (1): 18 - 20

Zanetti F, Stampi S, De-Luca G, Fateh-Moghadam P, Antonietta M, Sabattini B, Checchi L (2000): Water characteristics associated with the occurrence of *Legionella pneumophila* in dental units. Eur-J-Oral-Sci., Feb, 108 (1): 22 - 28

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name	Christine Richter
Geburtsdatum	8. April 1972
Geburtsort	Nordhorn, Grafschaft Bentheim
Familienstand	verheiratet
Staatsangehörigkeit	deutsch

Ausbildung:

1978 – 1982	Grundschule Altenlingen, Lingen
1982 – 1984	Orientierungsstufe im Schulzentrum, Lingen
1884 – 1991	Gymnasium Johanneum, Lingen Abitur: Mai 1991
1991 – 1997	Zahnmedizinstudium an der Medizinischen Hochschule Hannover Examen: Mai 1997

Tätigkeiten:

1997 – 1999	Assistenz Zahnarztzeit in Praxen in Hannover und Krefeld
seit Januar 2000	Zahnärztin in der Praxis Dr. R. Carthaus, Neuss

Zusammenfassung (Abstract)

In 13 Praxen niedergelassener Zahnärzte im Großraum Düsseldorf wurden 276 Wasserproben aus zahnärztlichen Einheiten der Firmen KaVo und Sirona sowie 13 Proben aus Waschbecken der Praxen hinsichtlich ihrer bakteriologischen Kontamination untersucht. Dabei wurden jeweils die Gesamtkeimzahlen ermittelt, und es wurde überprüft, ob die Proben Legionellen, *Pseudomonas aeruginosa* oder coliforme Bakterien enthielten.

Die Gesamtkeimzahlen der 264 verwertbaren Einheitenproben lagen im Bereich von < 10 KBE/ml bis 840.000 KBE/ml, der Mittelwert betrug 30.123 KBE/ml (Standardabweichung 100.265 KBE/ml). Die Gesamtkeimzahlen variierten stark. 32,2 % der 264 Proben enthielten Legionellen, 17,4 % *L. pneumophila*. In 4,9 % der 264 Proben konnte *P. aeruginosa* nachgewiesen werden. Coliforme Bakterien wurden in keiner Probe gefunden.

Alle Proben aus Waschbecken enthielten Gesamtkeimzahlen von unter 1.000 KBE/ml. Legionellen, *P. aeruginosa* und coliforme Bakterien wurden dort nicht nachgewiesen.

Es wurde zwischen Einheiten ohne Entkeimungsanlage, mit Dauerentkeimung und mit Intensiventkeimung unterschieden. Diejenigen mit Intensiventkeimung wiesen die niedrigsten Gesamtkeimzahlen auf (Mittelwert 8.363 KBE/ml, Standardabweichung 12.294 KBE/ml), gefolgt von Einheiten mit Dauerentkeimung (Mittelwert 17.075 KBE/ml, Standardabweichung 65.466 KBE/ml) und denen ohne Entkeimung (Mittelwert 57.314 KBE/ml, Standardabweichung 144.997 KBE/ml). Weiterhin enthielt keine der acht Einheiten mit Intensiventkeimung Legionellen oder *P. aeruginosa*, während 60,0 % der 20 dauerentkeimten Einheiten Legionellen und 10,0 % dieser Einheiten *P. aeruginosa* aufwiesen. Einheiten ohne Entkeimung (n = 16) enthielten zu 43,8 % Legionellen und zu 18,8 % *P. aeruginosa*.

Des Weiteren wurde der Einfluss von Stagnationszeiten auf die mikrobielle Belastung des Wassers der Dentaleinheiten untersucht. Es zeigte sich, dass montags morgens, nachdem die Einheiten über das Wochenende nicht in Betrieb gewesen waren, bei allen Entkeimungstypen die Mittelwerte der Gesamtkeimzahlen, Legionellen und *P. aeruginosa* deutlich höher waren als dienstags während des Praxisbetriebes.

Die Probenentnahmestelle hatte keinen Einfluss auf die Höhe der Keimzahlen. Auch zeigte sich keine eindeutige Tendenz bezüglich eines Einflusses des Alters der Dentaleinheiten.

Legionellen und *P. aeruginosa* kamen besonders häufig in Proben vor, die höhere Gesamtkeimzahlen aufwiesen.