

**Aus den Institut für Hygiene
an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg**



Direktorin: Prof. Dr. med. habil. Marianne Borneff-Lipp

**Erprobung verschiedener Verfahren zur Reduktion der Keimzahl im Kühl- und
Betriebswasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Zahnmedizin (Dr. med. dent.)

Vorgelegt
der Medizinischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Wiebke Kraut
geboren am 30. Mai 1979 in Lutherstadt Wittenberg

Gutachter:
Frau Prof. Dr. M. Borneff-Lipp
Herr Prof. Dr. H-G. Schaller
Herr Prof. Dr. F. Reinthaler

verteidigt am 14.12.2006

urn:nbn:de:gbv:3-000011655

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000011655>]

Kurzreferat

Seit den Untersuchungen von Grün (1969) ist bekannt, dass das Kühl- und Betriebswasser von Dentaleinheiten hohe Keimbelastungen enthalten kann. Die Keimreservoirs sind an den Schlauchinnenwandungen haftende Plaques – so genannte Biofilme. Wegen des unzureichenden Effekts bisher erprobter Desinfektionsverfahren werden seit Jahren Alternativen zur Reduktion der Keimzahl gesucht.

In einem ersten Studienteil wurde die Wirksamkeit eines endständig eingebauten inline Filters an zwei seit 1996 in Betrieb befindlichen Dentaleinheiten, in denen sich bereits ein Biofilm gebildet hatte, im Sinne eines physikalischen Desinfektionsverfahrens geprüft. Der Filtereinbau erfolgte in die Schläuche der Luft-Wasser-Spritzen sowie der Mikromotoren. Es wurde die Gesamtkeimzahl des Wassers vor Filtration und nach Filtration sowie Passage des jeweiligen Arbeitsgerätes bestimmt. Die Wasserproben beider Einheiten vor der Filtration waren von Beginn der Probenentnahmen an massiv kontaminiert. Unmittelbar nach Passage des Filters ergab sich kein Anlass zu Beanstandungen, nach Passage des Arbeitsgerätes konnte jedoch nur über 3-4 Tage hinweg eine ausreichende Reduktion der Koloniezahl im Sinne der Trinkwasserverordnung (2001) erreicht werden.

Die Ergebnisse zeigen die Möglichkeit, durch mechanische, endständige Filtration die Keimbelastung im Kühl- und Betriebswasser von Dentaleinheiten zu reduzieren. Da jedoch das gefilterte Wasser bei der Passage der Arbeitsgeräte erneut kontaminiert wird, kann auf zusätzliche Maßnahmen, wie z.B. eine chemische Desinfektion des Wassers, zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht verzichtet werden.

In einem zweiten Studienteil wurde ein Sanierungskonzept für das Betriebswassers dreier fabrikneuer Dentaleinheiten im Praxisbetrieb geprüft. Mit Hilfe eines detaillierten Reinigungs- und Desinfektionsplanes mit Permanentdesinfektion und regelmäßiger Sanierung war es möglich, die Gesamtkeimzahl auf Trinkwasserqualität zu reduzieren. *P. aeruginosa* und *E. coli* wurden in keinem Fall, coliforme Keime nur einmalig nachgewiesen. Jedoch wurden zu verschiedenen Zeitpunkten *L. pneumophila* gefunden.

Da das RKI (1998, 2006) empfiehlt, im Betriebswasser von Dentaleinheiten weniger als 1 KBE Legionellen/ml zu tolerieren, ist auch die geprüfte Verfahrenskombination als nicht ausreichend anzusehen. Um in Zukunft die Kontamination des Kühl- und Betriebswassers zu minimieren, sollte in weiteren Versuchen die Kombination physikalischer und chemischer Verfahren getestet werden, um zu einem ganzheitlich wirksamen Konzept zu kommen.

Bibliographische Angaben

Kraut, Wiebke: Erprobung verschiedener Verfahren zur Reduktion der Keimzahl im Kühl- und Betriebswasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten
Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 77 Seiten, 2006

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielstellung	5
3	Material und Methode	6
3.1	Praxisnaher Modellversuch	6
3.1.1	Technische Voraussetzungen	6
3.1.2	Vorbereitung zur Entnahme des Betriebswassers	7
3.1.3	Probenentnahme	8
3.2	Praxisversuch	12
3.2.1	Technische Voraussetzungen	12
3.2.2	Vorbereitung zur Entnahme des Betriebswassers	13
3.2.3	Probenentnahme	13
3.3	Bakteriologische Untersuchungen	15
3.3.1	Bestimmung der Gesamtkeimzahl	15
3.3.2	Nachweis von <i>P. aeruginosa</i>	18
3.3.3	Nachweis von <i>E. coli</i> und coliformen Keimen	20
3.3.4	Nachweis von <i>Legionella spp.</i>	23
4	Ergebnisse	27
4.1	Untersuchungsumfang	27
4.2	Ergebnisse des praxisnahen Modellversuchs	28
4.2.1	Keimzahlbestimmung nach initialer Plasmasterilisation	28
4.2.2	Keimzahlbestimmung nach initialer Intensivreinigung	30
4.2.3	Keimzahlbestimmung nach Stagnation	31
4.3.	Ergebnisse des Praxisversuches	34
4.3.1	Untersuchung der Koloniezahl	34
4.3.2	Untersuchung auf <i>P. aeruginosa</i>	39
4.3.3	Untersuchung auf <i>E. coli</i> und Coliforme	39
4.3.4	Untersuchung auf <i>Legionella spp.</i>	39
4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse des praxisnahen Modellversuches und des Praxisversuches	41

5	Diskussion	43
5.1	Keimbelastung des Betriebswassers von Dentaleinheiten	43
5.2	Verfahren zur Keimreduktion im Betriebswasser von Dentaleinheiten	47
5.2.1	Chemische Verfahren	47
5.2.2	Physikalische Verfahren	49
6	Schlussfolgerungen	52
6.1	Praxisnaher Modellversuch	52
6.2	Praxisversuch	52
7	Zusammenfassung	54
8	Literaturverzeichnis	56
9	Anlagen	61
9.1	Detailergebnisse des praxisnahen Modellversuchs	61
9.1.1	Versuche mit Vorschaltung einer initialen Plasmasterilisation	61
9.1.2	Versuche mit Vorschaltung einer initialen Intensivreinigung	62
9.1.3	Versuche mit Vorschaltung einer initialen Intensivreinigung und Einfluss von Stagnation und Reinigung	63
9.2	Detailergebnisse des Praxisversuches	64
9.2.1	Koloniezahl	64
9.2.2	Nachweis von Legionellen	72
9.2.3	Nachweis von <i>P. aeruginosa</i>	75
9.2.4	Nachweis von <i>E. coli</i> und coliformen Keime	75
10	Thesen	76

Lebenslauf

Selbständigkeitserklärung

Erklärung über frühere Promotionsversuche

Danksagung

Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

Abs.	Absatz
BCYE-Agar	Buffered Charcoal Yeast Extract Agar
DIN	Deutsches Institut für Normung
„down-stream“	Bereich des wasserführenden Systems nach Filtration
<i>E.</i>	<i>Escherichia</i>
ggf.	gegebenenfalls
GVPC-Agar	Glycin-Vancomycin-Polymyxin B- Cycloheximid-Agar
KBE/ml	Koloniebildende Einheiten pro Milliliter
<i>L.</i>	<i>Legionella</i>
ml	Milliliter
MPN	Most Propable Number
<i>P.</i>	<i>Pseudomonas</i>
PCR	Polymerase Kettenreaktion
RKI	Robert Koch-Institut
<i>spp.</i>	Subspezies
u.a.	unter anderem
„up-stream“	Bereich des wasserführenden Systems vor Filtration
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZEG	Zahnsteinentfernungsgerät

1 Einleitung

Die Ansprüche an die Hygiene in der zahnärztlichen Praxis haben in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Zwar werden routinemäßig Handinstrumente, Turbinen, Hand- und Winkelstücke desinfiziert und sterilisiert, der potentiellen Gefahr der Infektion durch kontaminiertes Wasser aus dem Kühlsystem der Dentaleinheit konnte bisher jedoch nicht langfristig und ausreichend entgegengewirkt werden.

Bereits 1967 beschrieben Bauer et al. das für den Zahnarzt und das Praxispersonal bestehende Hygienierisiko durch die aus der Mundhöhle des Patienten im Rückprall geschleuderten Keime.

In Behandlungssituationen, bei denen eine Wasserkühlung nötig ist, entsteht so ein keimhaltiges Aerosol, das von Patienten, Zahnarzt und Personal eingeatmet wird. Ist die Partikelgröße so gering, dass ein Vordringen bis in die Lungen möglich ist, kann bei einer ausreichend hohen Zahl inhalierter, pathogener oder auch fakultativ pathogener Bakterien und anderen Mikroorganismen eine konkrete Infektionsgefahr resultieren (Barbeau et al., 1998; Flieger et al., 2003). In einigen Fällen konnte dieser Übertragungsweg nachgewiesen werden (Fotos et al., 1985; Martin, 1987; Shearer, 1996). Zusätzliche Infektionsmöglichkeiten entstehen für den Patienten durch das Verschlucken von Kühlwasser oder die direkte Kontamination offener Wunden. Besonders für immundefiziente Patienten stellt Kühlwasser, das obligat pathogene oder auch fakultativ pathogene Keime enthält, ein potentielles Infektionsrisiko dar.

Das Kühl- bzw. Betriebswasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten sollte daher Trinkwasserqualität aufweisen. Die Trinkwasserverordnung (2001) schreibt für Trinkwasser einen Grenzwert von weniger als 100 koloniebildenden Einheiten (KBE) pro Milliliter Wasser hinsichtlich der Gesamtkeimzahl vor. Für *Escherichia (E.) coli* oder coliforme Keime ist in der Trinkwasserverordnung (2001) der Grenzwert 0 KBE pro 100 Milliliter Wasser angegeben. Das Robert Koch-Institut (RKI) fordert, dass der Richtwert von < 1 KBE/ml für Legionellen im Kühlwasser von Dentaleinheiten nicht überschritten werden sollte. Pseudomonaden sollten nach den Richtlinien des RKI in 100 Milliliter Wasser nicht nachgewiesen werden (RKI, 2006).

Zahlreiche Studien belegen jedoch, dass das Kühlwasser der Dentaleinheiten massiv kontaminiert sein kann, es konnten Koloniezahlen bis zu 10^6 KBE/ml nachgewiesen werden (Barbeau et al., 1998). Fakultativ pathogene Keimarten, aber auch pathogene Arten wie

Pseudomonas (P.) aeruginosa (Martin, 1987; Borneff, 1989; Barbeau et al., 1996), *Legionella spp.* (Fotos et al., 1985; Reinthaler et al., 1988; Borneff, 1989; Atlas et al., 1995), *E. coli* und Coliforme (Hein, 1985), Mykobakterien und Amöben (Michel und Borneff, 1989; Barbeau et al., 1996) konnten ebenfalls in Dentaleinheiten nachgewiesen werden.

Ursächlich kommen für diese Keimbesiedlung mehrere Faktoren in Frage. So kann das den Behandlungseinheiten zugeführte, aus öffentlichen Trinkwassernetzen stammende Wasser bereits über die von der Trinkwasserverordnung gesetzte Grenze für die allgemeine Keimzahl (≤ 100 KBE/ml) hinaus kontaminiert sein. In den Untersuchungen von Borneff (1986) überschritten z.B. 43 %, der Trinkwasserproben aus zahnärztlichen Praxen diesen Grenzwert.

Als Gründe für die Kontamination des zugeführten Wassers kommen vor allem günstige Vermehrungsbedingungen, welche sich in vielen Hausinstallationsnetzen bieten, in Betracht (Shearer, 1996). Erhöhte Temperaturen, lange Verweilzeiten und verschiedene Nachbehandlungseinrichtungen, wie zum Beispiel Wasserenthärtungsanlagen (Klein, 1983), fördern die Proliferation der Mikroorganismen. Auch Reparaturen am wasserführenden System ermöglichen einen Keimeintrag in das interne Leitungsnetz (Exner et al., 1981; Ciszewski, 1982).

Auch innerhalb der Schlauchleitungen von Dentaleinheiten liegen üblicherweise Bedingungen vor, welche die Ansiedlung und Vermehrung eingebrachter Keime begünstigen (vgl. Borneff, 1986; 1989). Hierzu zählen die Erwärmung des Wassers in der Einheit (Ciszewski, 1982; Hein, 1985; Prucha und Tilkes, 1986; Shearer, 1996), lange Stagnationszeiten des Kühlwassers (Hesselgren und Nedlich, 1981; Prucha und Tilkes, 1986) und Toträume und Reservoirs, in denen das Wasser nur langsam ausgetauscht wird (Souza-Gugelmin et al., 2003).

Die Schlauchmaterialien selbst bieten eine gute Ansiedlungsbasis für eingebrachte Keime (Donlan, 2002). In den Kunststoffschläuchen konnten wandhaftende Plaques mit darin eingebetteten Mikroorganismen nachgewiesen werden. In diesen Biofilmen genießen die Keime wesentliche Überlebensvorteile (Mayo et al., 1990; Shearer, 1996; Mills, 2000). Die Matrix des Biofilmes besteht zu einem großen Anteil aus Exopolysacchariden (Donlan, 2002). Diese vermitteln Wandhaftung und verhindern, dass Bakterien durch vorbei fließendes Wasser weggespült werden, ermöglichen das Koloniewachstum, weil Nährstoffe durch den Biofilm adsorbiert werden (Costerton et al., 1999) und bieten als Diffusionsbarriere gleichzeitig Schutz vor antimikrobiellen Agenzien wie H_2O_2 oder Chlor (Mittelman, 1997; Barbeau et al., 1997; 1998; Sutherland, 2001).

Durch die Organisation der Mikroorganismen in Biofilmen ist eine hohe Konzentration von Bakterien im Kühlwasser möglich (Shearer, 1996). So werden beispielsweise Legionellen in Biofilmen besonders gut geschützt, sie sind durch ihre intrazelluläre Lebensweise in den Amöben innerhalb des Biofilms für desinfizierende Substanzen nur sehr schwer erreichbar (Michel und Borneff, 1986). Auch bietet die enge Nachbarschaft verschiedener Bakterien-spezies mit unterschiedlichem Nährstoffbedarf einen entscheidenden Überlebensvorteil. Auf Grund der unterschiedlichen Stoffwechseleigenschaften verschaffen sich die Arten gegenseitig Lebensräume und erbringen Entgiftungsfunktionen oder ihre Stoffwechselendprodukte stellen Nährstoffgrundlagen für ihren Nachbarn dar (Singh et al., 2003). Zusätzlich treten zwischen Metaboliten (organische und anorganische Säuren, Ammoniak, Hydrogensulfat) und den Werkstoffen der Dentaleinheiten Wechselwirkungen in Form von Biokorrosion auf, was zu einer Schädigung von metallischen Bestandteilen der Dentaleinheit führen kann (Beech und Sunner, 2004).

Besonders geringe Wasserleitungsquerschnitte bewirken eine Erhöhung der Kühlwasserkontamination, weil verhältnismäßig mehr Wasser mit der Leitungswand in Berührung kommt und mehr Keime aus den dort befindlichen Biofilmen ausgespült werden (Shearer, 1996). Zusätzliche Retentionsflächen für Bakterien bieten Filter und Auffangsiebe (Birke, 1980; Gabrysiak, 1996).

Als eine weitere mögliche Ursache der Kühlwasserkontamination wurde auch die „Rückwärts-Kontamination“ des wasserführenden Systems durch den automatischen Rücksog diskutiert. Jedoch konnten in entsprechenden Wasserproben nur eine geringe Anzahl oraler Keime gefunden werden (Borneff, 1986). Das Risiko, durch eine solche Kreuz-Kontamination Keime von einem Patienten auf den nächsten zu übertragen, lässt sich mit der einfachen Maßnahme des Durchspülens der wasserführenden Elemente zwischen zwei Patienten deutlich verringern (RKI, 2006).

In der Vergangenheit gab es bereits Versuche, die Kontamination des internen Wasserleitungssystems zu vermindern.

Das „Ablaufenlassen“ von Wasser über mehrere Minuten stellt eine besonders einfache Methode zur Keimzahlreduktion dar (Prevost et al., 1995), sie sollte jedoch regelmäßig mit dem Zusatz von antimikrobiellen Agenzien kombiniert werden (Mayo et al., 1990).

Desinfektionsmittel auf der Basis von Aldehyden, Silber, Chlor oder Chlorhexidin zeigten eher unzureichende Ergebnisse (Hein, 1985; Prucha und Tilkes, 1986; Exner et al., 1987). Zusätzlich sind beim Einsatz chemischer Desinfektionsmittel die Auswirkungen am Patienten,

z.B. lokale Reizungen der Mundschleimhaut oder Allergierisiken (z.B. durch Aldehyde oder Chlor), und die Interaktionen der Bestandteile mit zahnärztlichen Werkstoffen sowie den Materialien der Dentaleinheit zu bedenken (Meiller et al., 1999).

Wegen der Nachteile der genannten chemischen Desinfektionsmittel wurden Alternativen, wie z.B. mechanische Bürstenreinigung der Schlauchinnenwandungen (Exner et al., 1987), das Einlegen von Kupferschläuchen in Polyethylenschläuche (Hesselgren und Nedlich, 1981) und verschiedene thermische Dekontaminationsverfahren (Gabrysiak, 1996; Michel und Borneff, 1995) gefordert bzw. erprobt, jedoch konnte sich keines dieser Verfahren durchsetzen.

In der Mehrzahl der Fälle wird heutzutage Wasserstoffperoxid als Desinfektionsmittel für das Betriebswasser von Dentaleinheiten verwendet. Es ist eine preiswerte Methode, die auch während Patientenbehandlungen durchgeführt werden kann. Stoffliche Interaktionen wie bei anderen chemischen Desinfektionsmethoden sind – konzentrationsabhängig – als relativ geringfügig anzusehen (Zanetti et al., 2003). Allerdings konnten nur einzelne Untersucher damit zufrieden stellende Dekontaminationsergebnisse im Wasserleitungssystem von Dentaleinheiten erzielen (vgl. Borneff, 1989; Brandt, 1994). Eine regelmäßige, sogar tägliche Anwendung von Wasserstoffperoxid wird jedoch zwingend vorausgesetzt, um einen Anstieg der Bakterienkonzentration in den Dentaleinheiten längerfristig zu verhindern; eine vollständige Entfernung des Biofilms kann auf diesem Wege nicht erreicht werden (Zanetti et al., 2003).

Als eine Dekontaminationsmöglichkeit, die auf Patienten und Dentaleinheiten keinen Einfluss nimmt, ist die Wasserfiltration zu nennen. Eine besondere Rolle spielt die Nutzung von Filtern bei der Reduktion der Legionellen- und Pseudomonadenzahl in Trinkwassersystemen (vgl. Borneff et al., 2005), aber auch an Dental- (Pankhurst et al., 1990; Jatzwauk et al., 2000; Jatzwauk und Reitemeier, 2002) und HNO-Einheiten (Amin-Sharifi et al., 2000; Dürr et al., 2005) wurden Untersuchungen zur Wirksamkeit eines Filters zur Dekontamination des Kühl- und Betriebswassers durchgeführt.

2 Zielstellung

Unsere Untersuchung hatte zum Ziel, praxisgerechte Lösungen zur Dekontamination des Kühl- und Betriebswassers zahnärztlicher Behandlungseinheiten zu entwickeln und zu prüfen.

Alle angewandten keimreduzierenden Maßnahmen sollten langfristig Trinkwasserqualität für das Kühlwasser der Dentaleinheiten gewährleisten. Im Einzelnen bedeutet dies, die in der Trinkwasserverordnung (2001) festgelegten Grenzwerte von ≤ 100 KBE/ml für die Gesamtkeimzahl und 0 KBE/100 ml für *Escherichia coli* oder coliforme Keime nicht zu überschreiten sowie die Richtwerte des Robert Koch-Instituts für Legionellen (< 1 KBE/ml) und *Pseudomonas aeruginosa* (0 KBE/100 ml) einzuhalten (RKI, 1998; 2006).

Dabei sollten Dekontaminationsmethoden verwendet werden, die keine zusätzliche toxikologische oder mikrobielle Belastung für den Patienten und das Behandlungsteam beinhalten. Die durchgeführten Maßnahmen sollten einen geringen finanziellen und zeitlichen Aufwand für das Praxisteam darstellen und zu möglichst geringen stofflichen Interaktionen zwischen desinfizierendem Agens und in der Dentaleinheit vorhandenen Werkstoffen führen.

In einem ersten Studienteil stand die Wirksamkeit eines endständig an den wasserführenden Ausgängen montierten inline Filters im Mittelpunkt der Prüfung. Hierbei sollte zunächst die grundsätzliche Verwendbarkeit des Filters im Rahmen eines praxisnahen Modellversuchs getestet werden.

Im zweiten Teil der Studie sollte, aufbauend auf den im praxisnahen Modellversuch ermittelten Erkenntnissen, eine Prüfung unter Praxisbedingungen erfolgen. Die Datenlage erforderte dabei die Suche nach alternativen Methoden zur Keimreduktion im Kühl- und Betriebswasser.

3 Material und Methode

Das experimentelle Vorgehen erfolgte in zwei Schritten. Im Rahmen eines ersten Studienteils („praxisnaher Modellversuch“) wurde zunächst die grundsätzliche Einsetzbarkeit eines inline Filters in Dentaleinheiten in endständiger Position und die damit erreichbare Keimreduktion an zwei Dentaleinheiten getestet.

In einem zweiten Studienteil erfolgte die Prüfung alternativer Dekontaminationsmethoden an drei Dentaleinheiten unter Praxisbedingungen („Praxisversuch“).

3.1 Praxisnaher Modellversuch

3.1.1 Technische Voraussetzungen

Dentaleinheiten

Als Testobjekte dienten zwei zahnärztliche Behandlungseinheiten (KaVo Systematica®) des Baujahres 1995 (Inbetriebnahme 1996) eines studentischen universitären Behandlungssaals (s. Abb. 3-1).



Abb. 3-1: Beispiel einer zahnärztlichen Behandlungseinheit (KaVo Systematica®, Baujahr 1995) des praxisnahen Modellversuches

Abmontierbare, wasserführende Arbeitsmittel aus thermolabilen Kunststoffen (Schläuche, Luft-Wasser-Spritzen und Mikromotoren) wurden initial zweimal in einem Niedertemperatur-Plasmasterilisator (Sterrad® 100 S, ASP, Johnson & Johnson, Irvine, USA) sterilisiert.

Die Versuchsreihe wurde ohne Aufsätze an Luft-Wasser-Spritzen und Mikromotoren durchgeführt, um eine Verfälschung der Ergebnisse durch eventuell kontaminierte Winkelstücke oder Luft-Wasser-Spritzen auszuschließen.

Die Dentaleinheiten wurden während der gesamten Versuchsreihe mit der herstellerseitig empfohlenen Dauerentkeimung mit Oxygenal® (KaVo, Biberach), einem Präparat auf H₂O₂-Basis (H₂O₂-Konzentration der Lösung: 6 %) behandelt, um keine von der Praxissituation abweichende Situation zu kreieren. Den wasserführenden Leitungen wurde dabei automatisch kontinuierlich Oxygenal® in einer Konzentration von 1:200 zugeführt.

Filter

In die Schläuche der Luft-Wasser-Spritzen sowie diejenigen der Mikromotoren beider Dentaleinheiten wurden endständig Filtergehäuse eingebaut (s. Abb. 3-2).

In diese Filtergehäuse wurde der Prototyp eines Filters mit einer Porengröße von 0,2 µm eingelegt (Art.-Nr. 5030102, Pall Medical, Dreieich) eingelegt (s. Abb. 3-3).

Die installierten Filtergehäuse ermöglichten eine Wasserprobenentnahme vor („up-stream“) und nach („down-stream“) Filtration des Wassers.

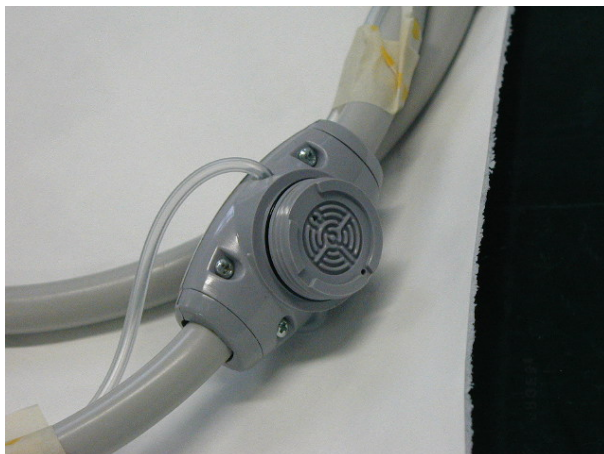


Abb. 3-2: Filtergehäuse des inline Filters

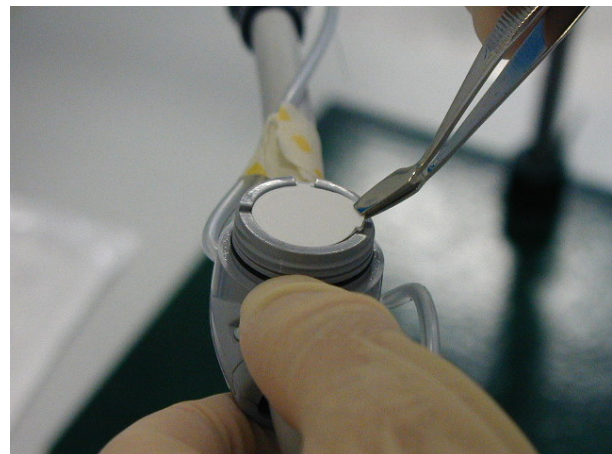


Abb. 3-3: Platzieren des Filters im Filtergehäuse

3.1.2 Vorbereitung zur Entnahme des Betriebswassers

Vor der Probenentnahme wurden täglich die inline Filter gewechselt und das Stagnationswasser aufgefangen. Der Ablauf der Vorbereitungen wird im Folgenden dargestellt:

Das Filtergehäuse wurde geöffnet und der darin befindliche benutzte Filter mit einer sterilen Pinzette entnommen (s. Abb. 3-4).

Aus dem geöffneten Filtergehäuse wurden 100 ml Stagnationswasser aus dem Bereich vor dem Filter („up-stream“) abgelassen (s. Abb. 3-5).

Nach dem Trocknen des Filtergehäuses mit einem sterilen Wattetupfer wurde mit Hilfe einer sterilen Pinzette ein neuer Filter eingelegt (s. Abb. 3-3) und das Filtergehäuse verschlossen.

Aus der Luft-Wasser-Spritze und dem Mikromotor wurde nun das Rest- Stagnationswasser (ca. 60 ml) abgelassen, das sich zwischen Filter und Schlauchende („down-stream“) befand.



Abb. 3-4: Filtergehäuse mit benutztem Filter



Abb. 3-5: Ablassen des Stagnationswassers aus dem „up-stream“-Bereich

3.1.3 Probenentnahme

Im Anschluss an die Vorbereitungen erfolgte die Gewinnung der mikrobiologisch zu untersuchenden Proben nach folgendem Schema (s. Abb. 3-6):

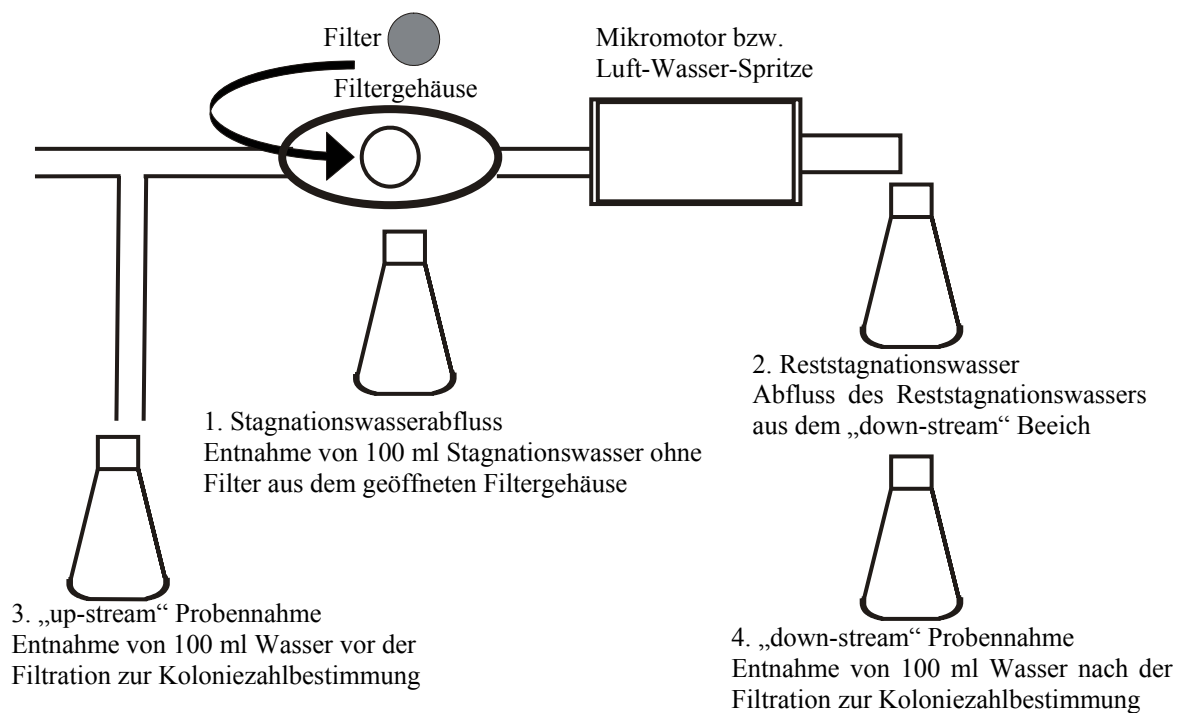


Abb. 3-6: Schematische Darstellung der Wasserentnahmestellen am Schlauchsystem

Zunächst wurden aus den „up-stream“-Bypässen jeweils 100 ml Wasser entnommen (s. Abb. 3-7). Anschließend erfolgte die Probennahme „down-stream“, indem aus den Mikromotoren und den Luft-Wasser-Spritzen ebenfalls je 100 ml Wasser entnommen wurden (s. Abb. 3-8).

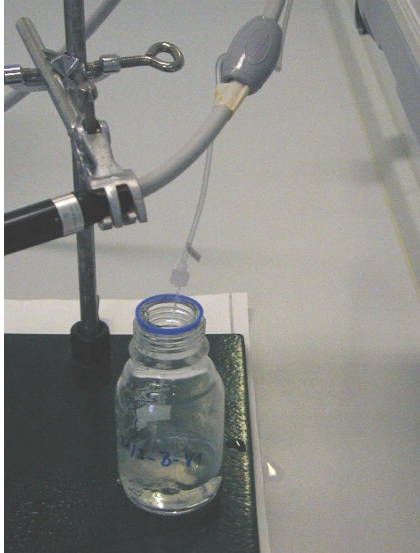


Abb. 3-7: Wasserprobenentnahme „up-stream“



Abb. 3-8: Wasserprobenentnahme „down-stream“

Die Wasserproben wurden in sterilen Glasflaschen, die Natriumthiosulfat (0,5 ml, 0,2 %) zur Neutralisation des über die Dauerentkeimungsanlage zugesetzten H_2O_2 enthielten, aufgefangen und in Anlehnung an die Trinkwasserverordnung (2001) zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl (koloniebildenden Einheiten (KBE)) weiterverarbeitet (s. Kap. 3.3.1).

Der Praxisbetrieb wurde durch dreimalige Inbetriebnahme des Mikromotors und der Luft-Wasser-Spritze nach jeweils einstündiger Stagnation simuliert, indem 100 ml bzw. 200 ml Wasser aus der Luft-Wasser-Spritze bzw. dem Mikromotor abgelassen wurden. Diese Proben wurden in gleicher Weise begutachtet wie das Stagnationswasser.

Die Hauptuntersuchungen mit installiertem inline Filter wurden bezüglich der Vorbereitung des Schlauchmaterials der Luft-Wasser-Spritzen und Mikromotoren in drei Unterabschnitte eingeteilt (s. Abb. 3-9):

- Beprobung nach initialer Plasmasterilisation
- Beprobung nach initialer Intensivreinigung
- Beprobung nach initialer Intensivreinigung, Stagnation übers Wochenende, Probenentnahme zu Wochenbeginn

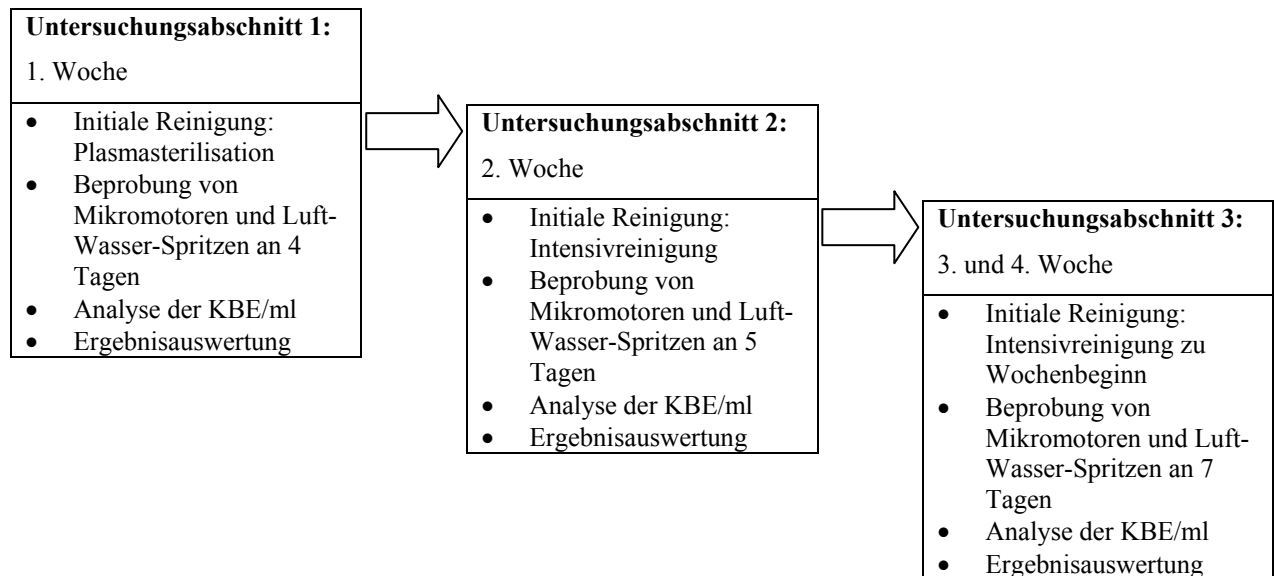


Abb. 3-9: Untersuchungsabschnitte zum Versuchsablauf der inline Filter-Evaluierung

Beprobung nach initialer Plasmasterilisation

Die Probenentnahme fand an vier Tagen (Mo, Di, Mi, Fr) statt. Nach der initialen Plasmasterilisation von Schläuchen, Mikromotoren und Luft-Wasser-Spritzen erfolgte die Montage an den Einheiten.

(Montags erfolgte im Anschluss an die dritte Stagnationsphase nochmals eine Probenentnahme „up-“ und „down-stream“ zur mikrobiologischen Verarbeitung, um beurteilen zu können, ob eine signifikante Erhöhung der Gesamtkeimzahl auch schon im Laufe eines Tages möglich ist. Donnerstags fand keine Probenentnahme statt, da der Einfluss einer eintägigen Stagnation auf die Wasserqualität untersucht werden sollte.)

Beprobung nach initialer Intensivreinigung

Die Probenentnahme fand täglich (Mo bis Fr) über eine Woche statt. Die Schläuche wurden freitags zuvor von den Dentaleinheiten abmontiert. Die Luft-Wasser-Spritzen und Mikromotoren des Versuchsteils A wurden gegen andere, bisher noch nie sterilisierte Instrumente, ausgetauscht. Im Labor fand die Intensivreinigung der Schläuche mit jeweils anmontierten Mikromotoren bzw. Luft-Wasser-Spritzen mit Hilfe des ALPRON StarterSets® (Art.-Nr. 3183, ALPRO Dental-Produkte GmbH, St. Georgen), das einen alkalischen Biofilm-Remover, eine Hypochloritlösung sowie eine Neutralisationslösung enthält, statt (s. Abb. 3-10).



Abb. 3-10: ALPRON StarterSet® (alkalischer Biofilm-Remover, Hypochlorit- und Neutralisationslösung)

(Nach Entfernung des Filters wurden über den Bypass nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren mit einer Spritze die Flüssigkeiten nacheinander injiziert. Die Konzentrationen der angewandten Lösungen und die Einwirkzeiten wurden der Gebrauchsanweisung des ALPRON StarterSets® entnommen.)

Die Intensivreinigung der Schläuche mit dem ALPRON StarterSet® wurde am darauf folgenden Montag wiederholt. Nach der Montage der Schläuche an den Dentaleinheiten wurde zusätzlich die geräteinterne Intensiventkeimung mit Oxyxenal® durchgeführt, um die gesamte Einheit zu desinfizieren. Während der Intensiventkeimung betrug die Oxyxenal®-Konzentration 1:24.

Beprobung nach Stagnation

Die Probenentnahmen fanden an 7 Tagen (Mo bis Fr sowie Mo und Di) statt. Die erste Woche dieses Versuchsteils diente der Wiederholung des Versuchsablaufes der vorangegangenen Woche, um die dort erhaltenen Ergebnisse zu überprüfen. Im Einzelnen bedeutete dies, dass die Schläuche zweimal mit dem ALPRON StarterSet® gereinigt wurden und nach der Installation an die Dentaleinheit das geräteinterne Intensiventkeimungsprogramm der Einheit gestartet wurde.

Am Ende der Woche verblieben die Schläuche an den Einheiten und wurden nicht mit ALPRON StarterSet® gereinigt. Die über das Wochenende stattfindende Stagnation des Wassers wurde somit in das Versuchsdesign miteinbezogen.

Am folgenden Montag wurden an den Einheiten zunächst vor und nach dem Filter Proben zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl entnommen, um die Auswirkungen der zweitägigen Stagnation mikrobiologisch zu beurteilen.

Danach schloss sich die geräteinterne Intensiventkeimung mit Oxygenal[®] an. Die direkt anschließend gewonnenen „up-stream“ und „down-stream“ Proben sollten die Effizienz der Intensiventkeimung darstellen. Weitere Proben wurden am Dienstag gezogen.

Als Besonderheit dieses Versuchsteils ist zu vermerken, dass neben der Bestimmung der Gesamtkeimzahl auch die Belastung des Wassers mit den typischen Wasserkeimen *Legionella spp.* und *P. aeruginosa* unter Verwendung selektiver Nährmedien ermittelt wurde.

3.2 Praxisversuch

3.2.1 Technische Voraussetzungen

Dentaleinheiten

Die Untersuchungen wurden an drei fabrikneuen C2⁺-Dentaleinheiten (SIRONA[®], Baujahr 2003) einer zahnärztlich-chirurgischen Ambulanz durchgeführt (s. Abb. 3-11).



Abb. 3-11: Beispiel einer zahnärztlichen Behandlungseinheit (SIRONA[®], Baujahr 2003) des Praxisversuchs

Über einen Zeitraum von 11 Wochen wurden zunächst wöchentlich, anschließend dreiwöchentlich Wasserproben entnommen.

Alle Dentaleinheiten verfügten über eine Desinfektionsanlage, die permanent zum Kühlwasser als Desinfektionsmittel Dentosept P[®] (METASYS Medizintechnik GmbH, Rum (A)), ein Präparat auf H₂O₂- und Silberbasis (1,41 % H₂O₂, 0,25 mg Silber und 0,00024 mg Phosphat pro Liter Dentosept P[®]) hinzufügt.

Beprobungs- und Sanierungsplan

Entnahmestellen waren alle kühl- und spülwasserführenden Elemente: beide Luft-Wasser-Spritzen (Arzt- und Helferinnenelement), beide Mikromotoren, Zahnsteinentfernungsgerät, Turbine und Becherfüller.

Zusätzlich zu den Proben an den Ausgängen der Dentaleinheiten wurden eine Probe des in die Einheit eingespeisten Wassers am so genannten Eckventil sowie eine Kaltwasserprobe aus dem Wasserhahn des Handwaschbeckens des jeweiligen Behandlungszimmers gewonnen. So konnte die Ausgangskontamination des wasserführenden Systems außerhalb der Dentaleinheit festgestellt und mit dem Keimgehalt der jeweiligen Dentaleinheit verglichen werden.

Die ersten Probenentnahmen wurden mit der initialen Inbetriebnahme der Dentaleinheiten durchgeführt. Vor der dritten Probennahme erfolgte erstmals die Sanierung der Einheiten: Dazu wurde das Schlauchsystem der Dentaleinheiten mit Dentosept P[®] mit einer Konzentration von 0,9 % durchspült. Diese Sanierungen der Einheiten wurden nach einem Sanierungsplan in regelmäßigen Abständen durchgeführt (s. Tabelle 3-1).

3.2.2 Vorbereitung zur Entnahme des Betriebswassers

Das im Hygieneplan der Klinik festgelegte 2minütige „Ablaufenlassen“ des Stagnationswassers und die anschließende Flächendesinfektion der Oberfläche jeder Wasseraustrittsstelle mit einem Desinfektionstuch ging jeder Probennahme voraus.

3.2.3 Probenentnahme

Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden jeweils Proben von 400 ml aus beiden Mikromotoren und Luft-Wasser-Spritzen (Arzt- und Schwesternseite), der Turbine, dem Zahnsteinentfernungsgerät und dem Becherfüller gewonnen. Alle Proben wurden in sterilen Glasflaschen aufgefangen. Vor der Sterilisation wurden 0,5 ml 0,2 % Natriumthiosulfatlösung in jede Flasche gegeben.

Tabelle 3-1: Zeitpunkte der Probenentnahmen und Sanierungen der Dentaleinheiten

Datum	Einheit 1	Einheit 2	Einheit 3
25.02.	Beprobung		
01.03.	zunächst Beprobung, anschließend Sanierung bis zum 03.3.04		
03.03.	nach beendigter Sanierung Beprobung		
04.03.	Beprobung	Beprobung	Beprobung, S (5.-8.3.)
08.03.	Probennahme		
12.03.	Beprobung	Beprobung, S (12.-15.3.)	
15.03.	Beprobung		
19.03.	Beprobung, S (19.-22.3.)	Beprobung	
22.03.	Beprobung		
26.03.	Beprobung	Beprobung, S (26.-29.3.)	Beprobung
29.03.	Beprobung		
05.04.	Beprobung		S (2.-5.4.), Beprobung
13.04.	S (10.-13.4.), Beprobung	Beprobung	
19.04.	Beprobung	S (16.-19.4.), Beprobung	Beprobung
10.05.	S (30.4.-2.5.), Beprobung	S (07.-10.5.), Beprobung	S (23.-26.4.), Beprobung
01.06.	S (28.-31.5.), Beprobung	S(14.-17.5.), Beprobung	S (21.-24.5.), Beprobung
21.06.	S (02.-05.7.), Beprobung	S (4.-7.6.), Beprobung	S (09.-12.7.), Beprobung
12.07.	S (2.-5.7.), Beprobung	S (25.-28.6.), Beprobung	S (9.-12.7.), Beprobung
02.08.	S (23.-26.7.), Beprobung	S (16.-19.7.), Beprobung	S (30.7.-2.8.), Beprobung
23.08.	S (20.-23.8.), Beprobung	S (6.-9.8.), Beprobung	S (20.-23.8.), Beprobung
13.09.	S (10.-13.9.), Beprobung	S (27.-30.8.), Beprobung	S (3.-6.9.), Beprobung
04.10.	S (1.-4.10.), Beprobung	S (17.-20.9.), Beprobung	S (24.-27.9.) Beprobung
25.10.	S (22.-25.10.), Beprobung	S (8.-11.10.), Beprobung	S (15.-18.10.), Beprobung
15.11.	S (12.-15.10.), Beprobung	S (29.-1.11.), Beprobung	S (5.-8.11.), Beprobung
06.12.	S (3.-6.12.), Beprobung	S (19.-22.11.), Beprobung	S (26.-29.11.), Beprobung
27.12.	S (24.-27.12.), Beprobung	S (10.-13012.) , Beprobung	S (17.-20.12.), Beprobung

S – Sanierung

3.3 Bakteriologische Untersuchungen

Die bakteriologischen Untersuchungen richteten sich nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung (2001). Im Einzelnen wurde die Koloniezahl bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sowie $36 \pm 1^\circ\text{C}$, das *E coli*- und Coliformen-Vorkommen sowie dasjenige von *P. aeruginosa* und *Legionella* spp. bestimmt.

3.3.1 Bestimmung der Gesamtkeimzahl

Von allen gewonnenen Proben wurde in Anlehnung an die Trinkwasserverordnung 1990, modifiziert fortgeführt in der Trinkwasserverordnung 2001, die Gesamtzahl der koloniebildenden Einheiten bestimmt (s. Abb. 3-12).

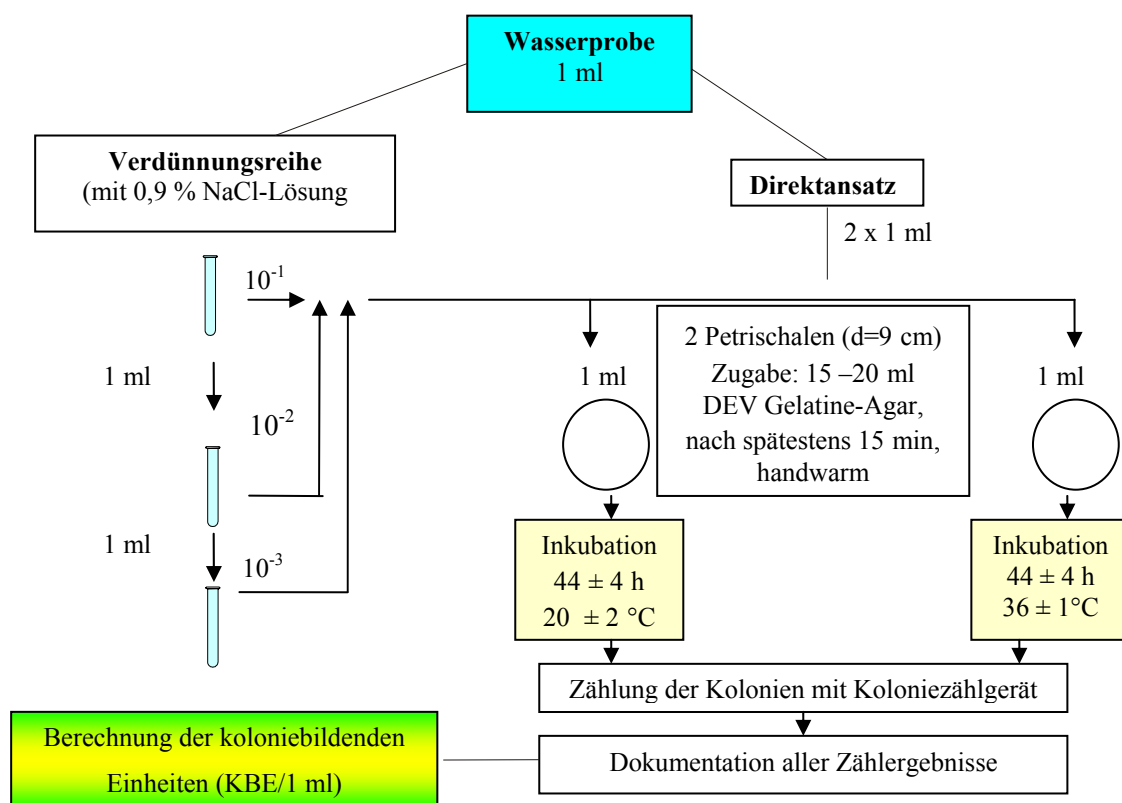


Abb. 3-12: Bestimmung der koloniebildenden Einheiten (KBE) mittels Plattengussverfahren

Anlegen der Verdünnungsreihe und Ausplattieren

Zunächst wurde die Flasche mit der Wasserprobe 30 s per Hand geschüttelt; anschließend gaben wir mit einer sterilen Pipette (Art.-Nr.: 148 515, Falcon (BD), Franklin Lakes, NJ, USA) (mit macro-Pipettierhelfer Art.-Nr.: 4V9394, BRAND GmbH, Wertheim) je 1 ml der Probe unverdünnt in 2 Petrischalen (Art.-Nr.: 633180, Greiner bio-one, Kremsmünster, (A)).

Zur Bestimmung größerer Keimzahlen wurde eine dezimale Verdünnungsreihe mit steriler isotoner Kochsalzlösung (Art.-Nr.: 70900, Delta-Pharma, Pfullingen) als Verdünnungsreagenz bis zu einer Verdünnungsstufe von 1/1000 angelegt. Die Anzahl der Verdünnungsstufen wurde so gewählt, dass Petrischalen mit Koloniezahlen zwischen 30 und 300 pro Platte zu erwarten waren. Dazu wurde mit einer sterilen 1 ml-Pipette 1 ml der Probe aufgenommen und in ein 16/160 Reagenzglas mit 9 ml 0,9 % steriler NaCl-Lösung pipettiert. Die so hergestellte erste Verdünnungsstufe (1/10) wurde anschließend 60 s mit dem Reagenzglasschüttler (Reax Top Art.-Nr.: 444A1380, Heidolph-Instruments, Kehlheim) homogenisiert. Daraus wurde 1 ml mit einer neuen sterilen 1 ml-Pipette in das nächste Reagenzglas, mit 9 ml 0,9 % steriler NaCl-Lösung, pipettiert (Verdünnungsstufe 1/1000).

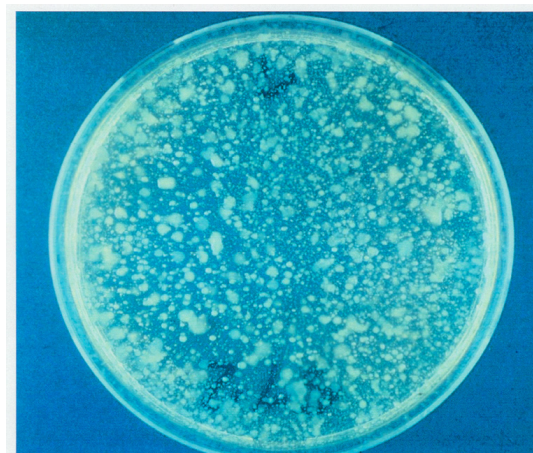
Von jeder Verdünnungsstufe wurde je 1 ml in eine Petrischale gegeben und bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ inkubiert (Brutschrank BM 80, Art.-Nr.: BK6160, Heraeus Instruments, Hanau), 1 ml in eine zweite Petrischale zur Inkubation bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ (Brutschrank Art.-Nr.: 910243, Memmert GmbH, Schwabach) sowie 1 ml für die nächste Verdünnungsstufe in ein Reagenzglas mit 9 ml 0,9 % steriler NaCl-Lösung pipettiert. Die neu entstandene Verdünnungsstufe wurde wiederum für 60 s mit dem Reagenzglasschüttler homogenisiert, bevor aus ihr die nächste Verdünnungsstufe sowie die KBE-Ansätze pipettiert wurden (s. Abb. 3-12). Dabei wurden die Deckel der Petrischalen und Reagenzgläser nur kurz entfernt, um Kontaminationen zu verhindern.

In jede Petrischale wurden 15-20 ml DEV Gelatine-Agar (Art.-Nr.: 110685, Merck-eurolab, Darmstadt) (ca. 45°C , Wasserbad (Art.-Nr.: 10798399, Gesellschaft für Labortechnik, Burgwedel)) mittels Gussverfahren überführt, anschließend wurde die Probe durch leicht kreisende Bewegungen mit dem Agar vermischt.

Für jede verwendete DEV Gelatine-Agar-Flasche wurden zwei Agar-Kontrollen mitgeführt, eine für die $22 \pm 2^\circ\text{C}$ Inkubation sowie eine für die $36 \pm 1^\circ\text{C}$ Inkubation.

Inkubation und Auswertung

Die Agar-Platten wurden bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ und bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für je 44 ± 4 h in Brutschränken inkubiert und anschließend ausgezählt (s. Abb. 3-13 und Abb. 3-14).

**Abb. 3-13:** DEV Gelatine-Agar-Platte vor Inkubation**Abb. 3-14:** DEV Gelatine-Agar-Platte mit Koloniewachstum nach Inkubation

Zusätzlich erfolgte zu Beginn der Studie eine Auswertung nach 72 h und 96 h. Die Koloniezählbestimmung nach 72 h und 96 h erwies sich als notwendig, da durch die bakteriostatische Wirkung der im Oxygenal[®] und in Dentosept[®] enthaltenen organischen Silberverbindungen das Keimwachstum stark gehemmt wurde. Deshalb bestand nach 48 h und zum Teil auch nach 72 h noch nicht die Möglichkeit einer exakten Koloniezählbestimmung.

Die Zählung der Kolonien erfolgte nach der Inkubationszeit mit einem Koloniezählstift (Colony Counter, Art.-Nr.: 608702, Bio, Kobe) unter dem Koloniezählgerät (Art.-Nr.: BZG30, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Weilheim). Dabei wurde die Koloniezahl für jede Platte mit ≤ 300 Kolonien erfasst. Platten mit > 300 KBE wurden nicht ausgezählt.

Anschließend wurde die KBE-Zahl der Probe für die beiden verschiedenen Temperaturen pro 1 ml Wasserprobe bestimmt. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$KBE / ml = \frac{A + B}{1,1} \cdot R$$

A: Koloniezahl auf der zur Auswertung herangezogenen Platte 1 (niedrigere Verdünnungsstufe)

B: Koloniezahl auf der zur Auswertung herangezogenen Platte 2 (höhere Verdünnungsstufe)

R: Reziproker Wert der Verdünnungsstufe A

Lag nur eine Platte im Bereich zwischen 30-300 KBE, so wurde deren Koloniezahl mit dem reziproken Wert der dazugehörigen Verdünnungsstufe multipliziert.

Anschließend wird die Anzahl koloniebildender Einheiten (KBE) pro 100 ml errechnet.

3.3.2 Nachweis von *P. aeruginosa*

Der Nachweis von *P. aeruginosa* im Kühlwasser erfolgte nach den Vorgaben der DIN EN ISO 12780 (s. Abb. 3-15).

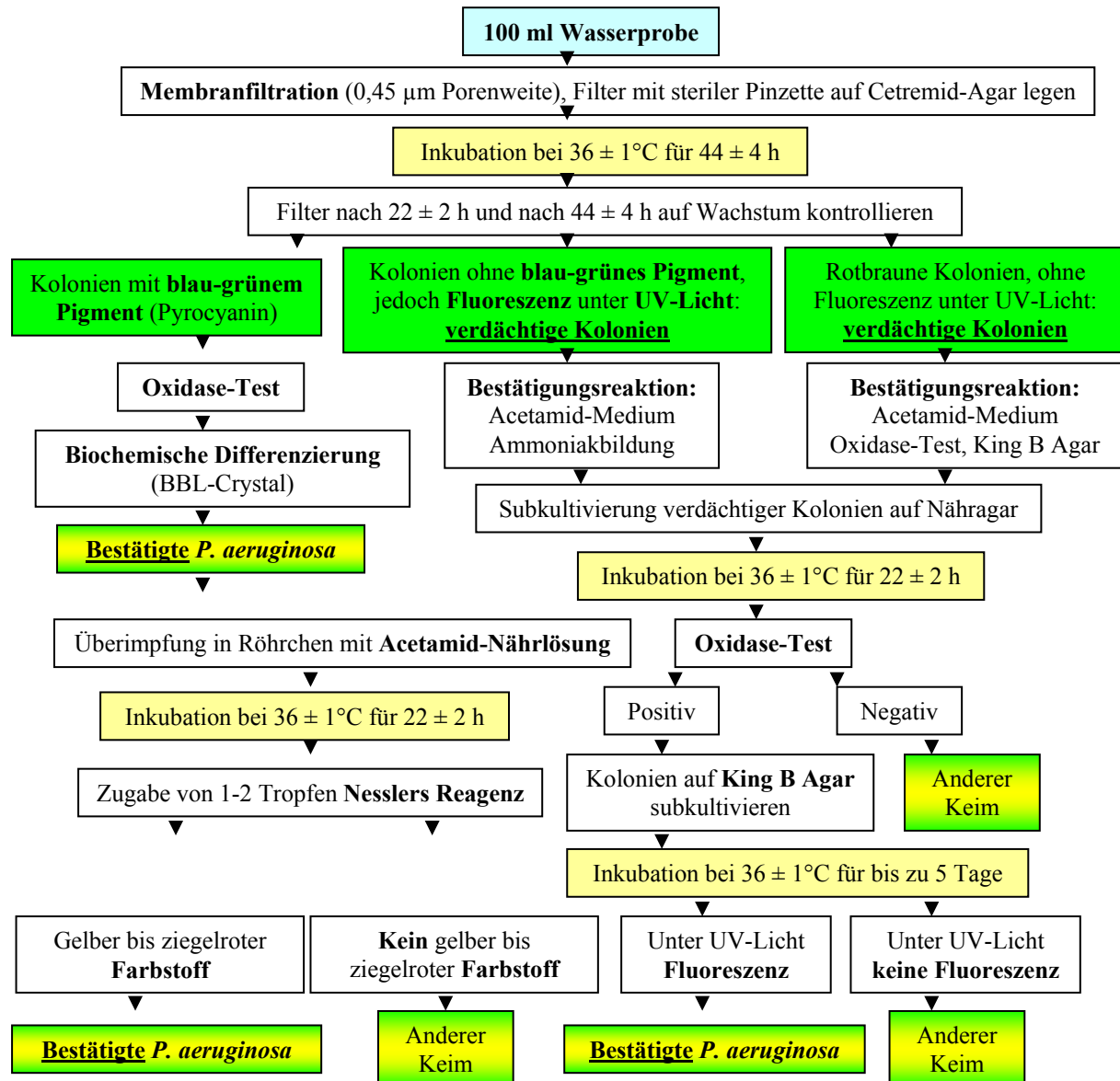


Abb. 3-15: Nachweis von *P. aeruginosa* in Anlehnung an die DIN EN ISO 12780

Membranfiltration

Es wurden 100 ml Wasser nach Schütteln der Probe für 30 s per Hand membranfiltriert (Sechsfach-Absaugvorrichtung zur Sterilfiltration Art.-Nr.: SM 16831 mit Membran-Vakuumpumpe Art.-Nr.: 16612, Sartorius AG, Göttingen).

Nach der Filtration wurde der Membranfilter (Medisart 2000 (Porenweite 0,45 µm), Art.-Nr.: 17804M, Sartorius AG, Göttingen) vorsichtig mit einer sterilen Pinzette aus der Filtrations-

vorrichtung entnommen und auf Pseudomonas-Cetrimid-Selektivnährboden (Art.-Nr.: PO 5076 A, Oxoid, Wesel) gelegt.

Die Inkubation erfolgte bei 36 ± 1 °C für 44 ± 4 h. Eine erste Wachstumskontrolle fand nach 22 ± 2 h statt. Kolonien, die ein blau-grünes Pigment (Pyocyanin) gebildet hatten, wurden als *P. aeruginosa* (s. Abb. 3-16) gewertet; die Bestätigung erfolgte mittels einer miniaturisierten biochemischen Reihe (BBL Crystal E/NF Art.-Nr.: 4345000, Becton Dickinson GmbH, Heidelberg).



Abb. 3-16: Wachstum von *P. aeruginosa* auf einer Cetrimid-Agarplatte

Weitere verdächtige Kolonien wurden in zwei Gruppen unterteilt:

Kolonien, die nicht blau-grünes Pigment bilden, aber unter UV-Licht (365 nm) fluoreszierten, wurden mit Acetamid-Medium einem Bestätigungstest unterzogen. Rötlich braune Kolonien ohne Fluoreszenz unter UV-Licht wurden mit Acetamid-Medium, einem Oxidase-Test (Art.-Nr.: 231746, Becton, Dickinson GmbH, Heidelberg) und dem King B-Agar (Art.-Nr.: 01101e, Heipha, Heidelberg) bestätigt.

Für die Bestätigungsuntersuchungen wurden zunächst von den verdächtigen Kolonien Subkulturen auf Nähragar nach Trinkwasserverordnung (Art.-Nr.: PO 5025 A, Oxoid, Wesel) angelegt. Die Bebrütung erfolgte bei 36 ± 1 °C für 22 ± 2 h.

Von diesen Nähragarplatten wurden die Subkulturen in Röhrchen mit Acetamid-Nährlösung (Acetamid-Nährlösung mit Nessler's Reagenz; Art.-Nr.: 64160, Heipha, Heidelberg) überimpft und für 22 ± 2 h bei 36 ± 1 °C inkubiert. Danach wurden 2 Tropfen Nessler's Reagenz hinzugegeben. Die Bildung eines gelben bis ziegelroten Farbstoffes bestätigte das Vorhandensein von *P. aeruginosa* (Ammoniakproduktion).

Die rötlich braunen, nicht fluoreszierenden Kolonien wurden neben dem Acetamid-Test auf die Oxidase-Reaktion überprüft. Nur die oxidase-positiven Kolonien wurden anschließend auf King B-Agar subkultiviert. Die Inkubation erfolgte bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für 5 Tage. Auftreten jeglicher Fluoreszenz galt als Bestätigung von *P. aeruginosa*.

Nach der Inkubation wurden die Kolonien, die auf dem Membranfilter gewachsenen *P. aeruginosa* gezählt und auf 100 ml Probenmaterial bezogen, angegeben.

Als Kontrollstämme fungierten *P. aeruginosa* ATCC 10145 (Positivkontrolle) und *E. coli* ATCC 11775 (Negativkontrolle).

Von diesen Kontrollstämmen wurde je eine Verdünnungsreihe bis zur Stufe 10^{-7} angesetzt. 100 ml der Verdünnungsstufen 10^{-6} und 10^{-7} wurden membranfiltriert. Mit dem Ansatz wurde verfahren wie mit einer zu untersuchenden Wasserprobe.

3.3.3 Nachweis von *E. coli* und coliformen Keimen

Um die herkömmliche Untersuchungsmethode für *E. coli* und coliforme Bakterien nach der Trinkwasserverordnung (2001) abzukürzen, wurde der Schnelltest Colilert-18 / Quanty-Tray[®], Alternativverfahren gemäß § 15 Abs. 1 Trinkwasserverordnung 2001, eingesetzt (s. Abb. 3-17).

Colilert-18 / Quanty-Tray[®]

Das bisherige Nachweiskriterium *E. coli* und coliforme Bakterien ist die Verwertung von Laktose unter Säure- und Gasbildung innerhalb von 48 Stunden. Durch den Nachweis der für diese Organismen typischen Enzyme kann die Bestimmungszeit auf 18 Stunden verkürzt werden.

Colilert-18[®] basiert auf der Defined Substrate Technology[®] (DST[®]) zum Nachweis von *E. coli* und Coliformen in Wasser. Die Reaktionen beruhen auf der Aktivität der Enzyme β -Galactosidase und β -Glucuronidase (*E. coli*) und β -Galactosidase (Coliforme). Während der 18-stündigen Inkubationszeit metabolisieren Coliforme den spezifischen Nährstoffindikator ONPG (ortho-Nitrophenyl- β -Galaktopyranosid) mit Hilfe des Enzyms β -Galaktosidase in Colilert-18 und bewirken so eine Farbänderung der Flüssigkeit von farblos nach gelb.

Bei Anwesenheit von *E. coli* wird zusätzlich durch die Aktivität der β -Glucuronidase aus dem Substrat Methylumbelliferyl- β -D-glucuronid (MUG) das fluoreszierende 4-Methylumbelliferon freigesetzt. Die Fluoreszenz kann mittels einer UV-Lampe mit einer Wellenlänge von 366 nm sichtbar gemacht werden.

Das Quanti-Tray® System basiert auf dem gleichen Wahrscheinlichkeitsmodell wie ein MPN-Verfahren (Most Probable Number, wahrscheinlichste Zahl) mit fortlaufender Verdünnung. Das Anlegen einer Verdünnungsreihe ist jedoch nicht erforderlich.

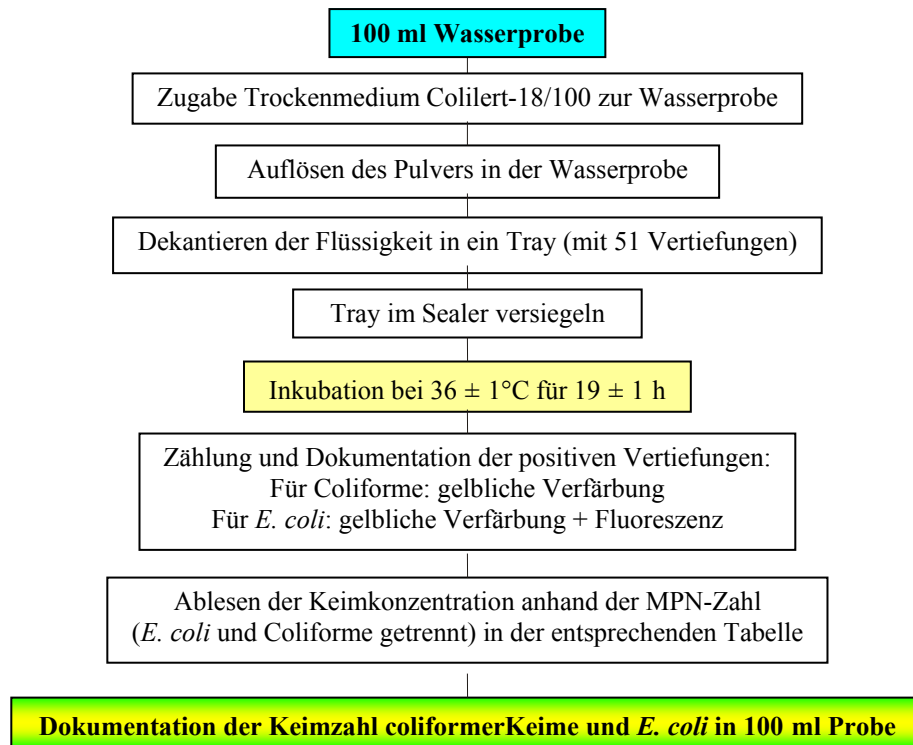


Abb. 3-17: Qualitativer Nachweis von *E. coli* und coliformen Keimen mittels Schnelltest Colilert 18 /Quanti-Tray®

Probenverarbeitung und Auswertung

Nach 30 Sekunden kräftigem Schütteln mit der Hand wurden 100 ml einer Probe in ein steriles Reaktionsgefäß (Art.-Nr.: WV120ST-200, IDEXX GmbH, Westbrook, Maine, USA) gegeben und das Trockenmedium Colilert-18® (Art.-Nr.: WP200-18, IDEXX, Westbrook, Maine, USA) zugefügt.

Der Inhalt wurde vorsichtig durch Schütteln vermischt und 5 Minuten stehengelassen. Nach Auflösen des Pulvers wurde die Probe mit dem Medium in einen Tray mit 51 Vertiefungen (Quanti-Tray® (Art.-Nr.: WQT2K-100, IDEXX GmbH, Westbrook, Maine, USA)) dekantiert und mit dem Quanti-Tray-Sealer® (Art.-Nr.: WQTS2X-230, IDEXX GmbH, Westbrook, Maine, USA) versiegelt. Nach der 19 ± 1 h Inkubation bei 36 ± 1°C wurde die Keimzahl anhand der Anzahl gelber bzw. fluoreszierender Vertiefungen (im UV-Licht mit einer Wellenlänge von 366 nm) ermittelt (s. Abb. 3-18).



Abb. 3-18: Beispiele für positive Reaktion des Quanti-Tray® Systems – Farbumschlag und Fluoreszenz

Ausschließlich gelbe (Coliforme) und gelbe/fluoreszierende (*E. coli*) Vertiefungen waren als positiv zu bewerten. Anschließend wird die MPN-Zahl für Coliforme und *E. coli* von der entsprechenden Tabelle abgelesen und das Ergebnis dokumentiert.

Die aus der Anzahl der positiven Reaktionen in den Vertiefungen umgerechnete wahrscheinliche Keimzahl der Coliformen bzw. von *E. coli* in 100 ml Probe wurde in der "51-Well Quanti-Tray MPN-Tabelle" abgelesen.

Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden 1x pro Woche die Kontrollstämme der Firma IDEXX (Quanti-Cult QC- Kit® Art.-Nr.: WQTC, IDEXX, Westbrook, Maine, USA) Mitgeführt. Es beinhaltet *E. coli* und *Klebsiella pneumoniae* zur Positivkontrolle und *P. aeruginosa* als Negativkontrolle.

3.3.4 Nachweis von *Legionella* spp.

Zur Überprüfung der Wasserproben auf *Legionella* spp. wurden diese nach der Empfehlung des Umweltbundesamtes (2000) zum Nachweis von Legionellen in Trinkwasser und Badebeckenwasser verarbeitet (s. Abb. 3-19).

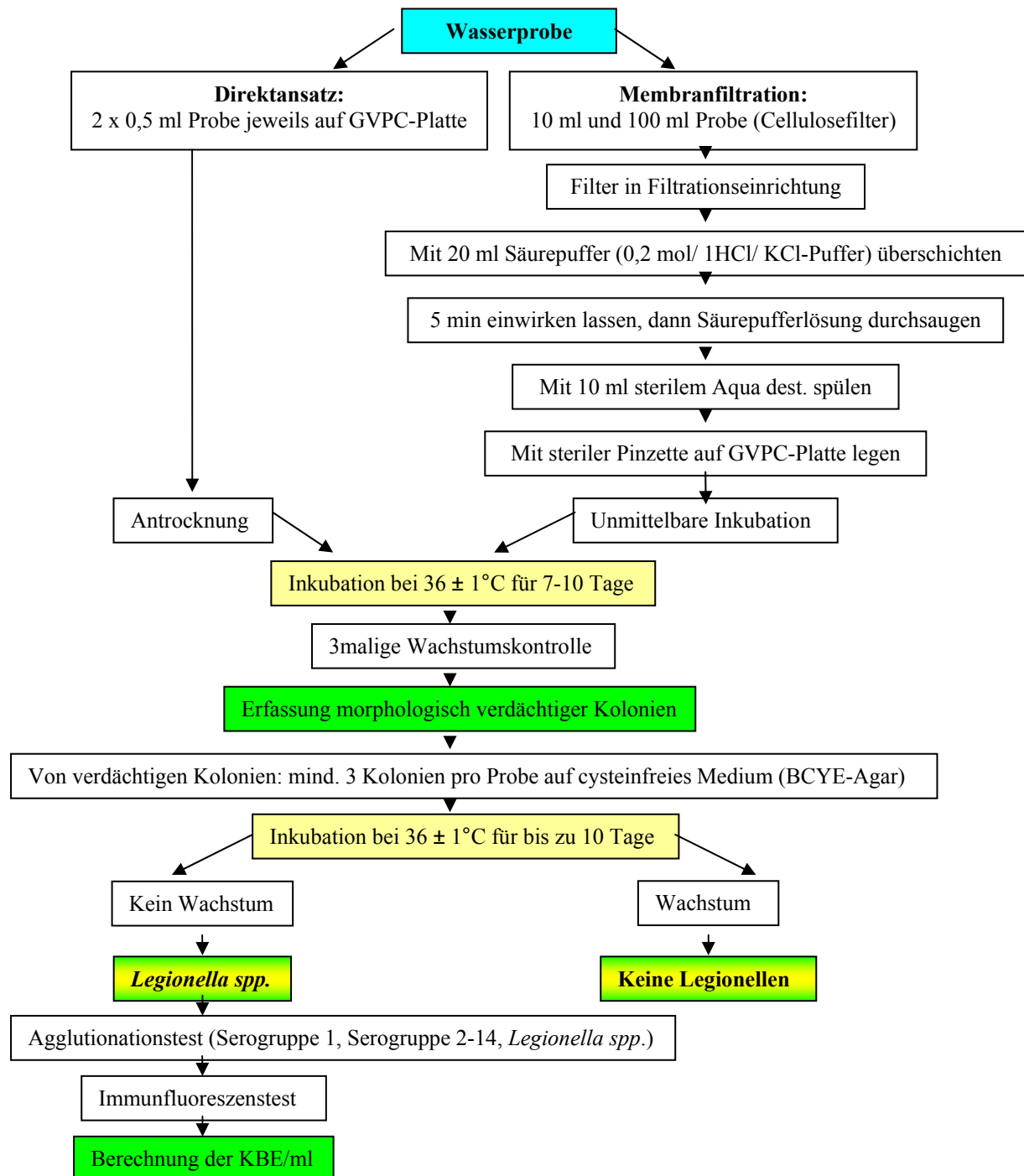


Abb. 3-19: Nachweis von *Legionella* spp. in Trinkwasser (Empfehlung des Umweltbundesamtes (2000))

Direktansatz

Die Wasserproben wurden durch kräftiges Schütteln mit der Hand für 30 s homogenisiert. Für den Direktansatz wurden mit einer Eppendorfpipette und den dazugehörigen sterilen Pipettenspitzen zweimal 0,5 ml Probe auf jeweils eine Glycin-Vancomycin-Polymyxin B-Cycloheximid-Agar (GVPC)-Platte (Art.-Nr.: PO 5074 A, Oxoid, Wesel) pipettiert und anschließend mit einem Drigalski-Spatel (Art.-Nr.: 231G2185, VWR, Darmstadt) ausplattiert. Die Platten wurden nach vollständigem Antrocknen der Probenflüssigkeit umgedreht. Anschließend erfolgte die Inkubation bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für 10 Tage. Zur Auswertung der Koloniezahl wurden die Koloniezahlen beider Direktansätze addiert und die Summe als KBE/ml angegeben (s. Abb. 3-20).



Abb. 3-20: Wachstum von Legionellen auf GVPC-Agar

Membranfiltration

In einem weiteren Ansatz wurde die Membranfiltrationsmethode angewendet, dabei wurden 10 ml und 100 ml Probe abgemessen und durch einen Cellulosenitrat-Membranfilter (Art.-Nr.: 514-7005 ($0,45 \mu\text{m}$), Merck-eurolab (VWR), Darmstadt), getrennt filtriert. Zur Verminderung der Begleitflora wurden die Membranfilter nach der Filtration in der Filtrations-einrichtung unter Zuhilfenahme einer 25 ml-Einmalpipette mit 20 ml Säurepuffer ($0,2 \text{ mol/l}$ HCl/ KCl-Puffer) überschichtet. Mit dem zweiten Membranfilter wurde ebenso verfahren. Die Einwirkzeit betrug 5 Minuten. Anschließend wurde die Pufferlösung durch die Filter abgesaugt und mit jeweils 10 ml sterilem Aqua dest.. (Art.-Nr.: 1428, Baxter, Unterschleißheim) gespült.

Die Filter wurden danach mit einer sterilen Pinzette entnommen und je auf einen GVPC-Agar gelegt, so dass die Seiten, die in der Filtrationseinrichtung oben lagen, auf dem Agar auch wieder nach oben wiesen.

Die Platten wurden sofort umgedreht und im Brutschrank für 10 Tage bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubiert, und in dieser Zeit mindestens dreimal auf Wachstum kontrolliert. Die Intervalle zwischen den Kontrollen betrugen 3–4 Tage.

Gewachsene Kolonien wurden nach den morphologischen Kriterien Farbe, Form und Fluoreszenz unter ultraviolettem Licht (365 nm) beurteilt. Zur Orientierung wird eine Positivkontrolle genutzt. Die Anzahl der Kolonien je Kolonietyp wurde erfasst, da im Anschluss durch Subkultivierung die Bestätigung erfolgte, ob es sich bei den jeweiligen Kolonien um Legionellen handelte.

Subkultivierung

Für die Subkultivierung wurden von den verdächtigen Kolonien mindestens 3 Kolonien pro Probe auf Buffered Charcoal Yeast Extract Agar (BCYE) -Agar (Art.-Nr.: 356-3718, BIO-RAD, München) überimpft und für bis zu 10 Tage bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubiert.

Eine Hälfte der BCYE-Agar-Platte ist cysteinhaltig, die andere Hälfte ist cysteinfrei. Die Kolonien, die auf dem GVPC-Agar und auf der cysteinhaltigen Hälfte des BCYE-Agar wuchsen, aber auf der cysteinfreien Hälfte des BCYE-Agars kein Wachstum aufwiesen, wurden als *Legionella spp.* identifiziert. Diese Kolonien wurden weiter differenziert.

Differenzierung mittels Latexagglutinations- und Immunfluoreszenztest

Zuerst erfolgte die Differenzierung mittels Latexagglutinationstest (Art.-Nr.: DR 0800M, Oxoid, Wesel), mit dem zwischen *L. pneumophila* Serogruppe 1, *L. pneumophila* Serogruppe 2-14 und *Legionella spp.* unterschieden werden kann (s. Abb. 3-21).

Daran schloss sich der Immunfluoreszenztest *L. pneumophila* DFT (1-6 Antigen) (Art.-Nr.: C700L, viramed, Planegg/Steinkirchen) an, bei dem *Legionellen* der Serogruppe 2-14 weiter differenziert werden können, oder der Immunfluoreszenztest *L. pneumophila* OMNI DFT (Art.-Nr.: C700SC, viramed, Planegg/Steinkirchen), mit dem *Legionella spp.* bestätigt werden kann.

Als Kontrollstämme fungierten *L. pneumophila* ATCC 33152 (Positivkontrolle) und *E. coli* ATCC 25922 (Negativkontrolle).

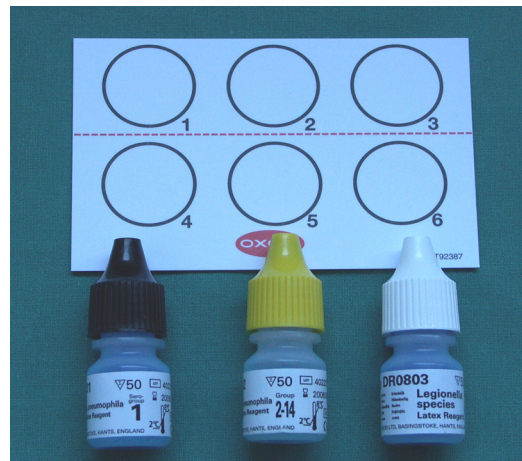


Abb. 3-21: Latexagglutinationstest zur Differenzierung von *Legionella* spp.

Auswertung

Zur Auswertung wurden nur Platten mit Kolonienzahlen ≤ 200 pro Platte herangezogen. Bei Platten mit > 200 Kolonien wurde das Ergebnis aus einem anderen Ansatz mit geringerem Probenvolumen angegeben. Das Ergebnis wurde auf das filtrierte Probenvolumen bezogen. Alle auswertbaren Ansätze wurden mit einbezogen.

Waren sowohl der Direktansatz als auch die Platten der Membranfiltration auswertbar, wurden die Ergebnisse getrennt berechnet und der höhere Wert allein als Endergebnis angegeben.

4 Ergebnisse

4.1 Untersuchungsumfang

Praxisnaher Modellversuch

Im ersten Versuchsteil zur Testung des inline Filters wurden aus zwei Dentaleinheiten insgesamt 136 Proben gewonnen. Auf Grund der verschiedenen Methoden zur Vorbereitung des Schlauchmaterials der Arbeitsgeräte gliederte sich die Versuchreihe in drei Untersuchungsabschnitte (s. Tabelle 4-1).

An jeder Einheit erfolgte die Entnahme der Proben an Luft-Wasser-Spritze und Mikromotor. Es wurde jeweils Wasser vor („up-stream“) und nach dem Filter („down-stream“) entnommen, im Labor aufgearbeitet und die enthaltenen KBE/ml nach 44 ± 4 h bestimmt.

Da nach dieser Zeit die zum Teil sehr winzigen Kolonien trotz Vergrößerungsmöglichkeit am Koloniezählgerät nur sehr schwer zu erkennen waren, wurden die Platten nach 72 h und 96 h erneut ausgezählt, um eine Verfälschung in Sinne falsch negativer Ergebnisse zu vermeiden.

Deshalb werden im Folgenden die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen nach 44 ± 4 h und 96 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ vergleichend dargestellt. Alle Detailergebnisse für die Inkubationstemperaturen 22 ± 2 und $36 \pm 1^\circ\text{C}$ sind dem Anhang zu entnehmen (s. 9.1).

Tabelle 4-1: Praxisnaher Modellversuch - Übersicht zur Beprobung des Betriebswassers der Dentaleinheiten A und B

Untersuchungsabschnitt		Probenumfang			
		Dentaleinheit A		Dentaleinheit B	
		MM „up-“/„down- stream“	LWS „up-“/„down- stream“	MM „up-“/„down- stream“	LWS „up-“/„down- stream“
1	Initiale Plasmasterilisation	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4
2	Initiale Intensivreinigung	5 / 5	5 / 5	5 / 5	5 / 5
3	Initiale Intensivreinigung und nachfolgende Stagnation	8 / 8	8 / 8	8 / 8	8 / 8

MM: Entnahmestelle am Mikromotor

LWS: Entnahmestelle an der Luft-Wasser-Spritze

Praxisversuch

Im zweiten Versuchsteil wurden Betriebswasserproben von drei Dentaleinheiten ohne Filtereinsatz über einen Zeitraum von 18 Wochen jeweils an beiden Luft-Wasser-Spritzen, an der Turbine, beiden Mikromotoren, dem Zahnsteinentfernungsgerät (ZEG) und dem Becherfüller entnommen.

An den Einheiten 1 und 2 konnten jeweils 166 Proben gewonnen werden. An Einheit 3 wurden insgesamt 161 Proben gewonnen.

Alle Proben wurden auf die Zahl der KBE/ml sowie auf *Legionella spp.*, *P. aeruginosa*, *E. coli* und coliforme Keime untersucht.

4.2 Ergebnisse des praxisnahen Modellversuchs

4.2.1 Keimzahlbestimmung nach initialer Plasmasterilisation

Die Keimzahlbestimmung nach initialer Plasmasterilisation des Schlauchmaterials der Luft-Wasser-Spritzen und Mikromotoren führte zu folgenden Ergebnissen:

Ergebnisse mit Mikromotor

Das Betriebswasser, das der Einheit A „up-stream“ entnommen wurde, wies nach 44 ± 4 h Bebrütung der Platten am ersten Tag der Probenentnahme Koloniezahlen von > 100 KBE/ml auf. Bei der zweiten Beprobung lag die Keimzahl unter dem Grenzwert, die weiteren Proben wiesen jedoch wieder Keimzahlen > 100 KBE/ml auf (s. Abb. 4-1).

Die Proben der Einheit B überschritten bei der 2. und 3. Probennahme „up-stream“ den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (2001).

„Down-stream“ wurden über drei Tage hinweg an beiden Dentaleinheiten, aus beiden Ausgängen, Proben mit < 100 KBE/ml gewonnen. Nach eintägiger Stagnation wurden am Ende der Versuchswoche (Freitag), trotz Filtereinsatz, „down-stream“ > 100 KBE/ml in den Proben nachgewiesen.

Wurden die Platten jedoch 96 h inkubiert, wies das Betriebswasser, das beiden Einheiten „up-stream“ entnommen wurde, vom ersten Tag der Probenentnahmen an stets Koloniezahlen von > 100 KBE/ml auf.

„Down-stream“ lagen die Ergebnisse der Keimzahlbestimmung weiterhin über drei Tage hinweg an beiden Dentaleinheiten bei < 100 KBE/ml.

Die Keimzahlen, die sich nach den beiden Inkubationszeiten (44 ± 4 bzw. 96 h) bei den Proben der Dentaleinheit A ergaben, sind in Abb. 4-1 und Abb. 4-2 gegenübergestellt. Es fällt insbesondere auf, dass die nach 96 h ermittelten „up-stream“-Keimzahlen etwa eine log-Stufe höher liegen als die Keimzahlen nach 44 ± 4 h Inkubation.

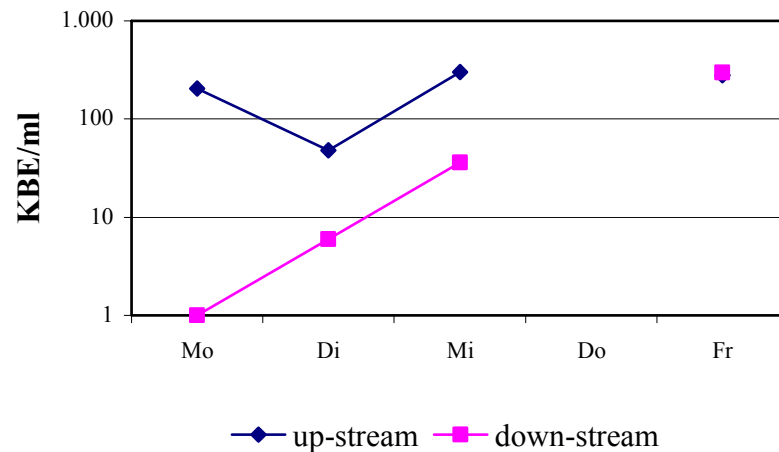


Abb. 4-1: Einheit A - Mikromotor: Koloniezahlen „up-“ und „down-stream“ über eine Woche nach initialer Plasmasterilisation; 48 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

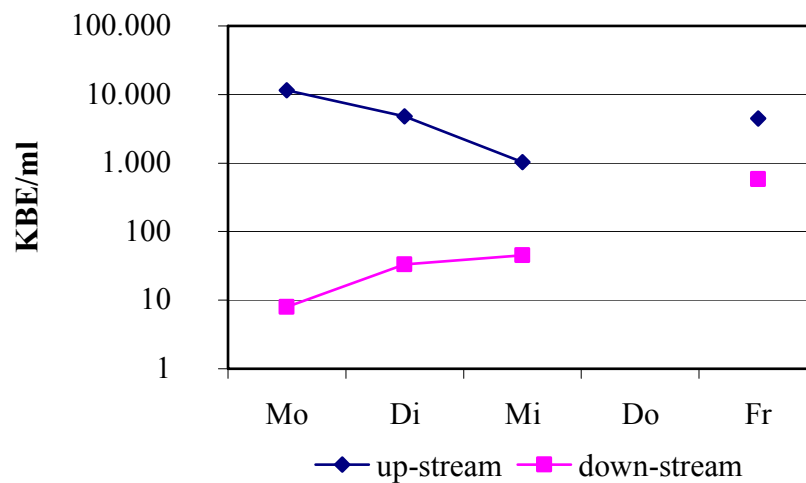


Abb. 4-2: Einheit A - Mikromotor: Koloniezahlen „up-“ und „down-stream“ über eine Woche nach initialer Plasmasterilisation; 96 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Ergebnisse mit Luft-Wasser-Spritze

Die Auszählung der „up-stream“-Proben nach 44 ± 4 h ergab für beide Dentaleinheiten nur am ersten Entnahmetag Koloniezahlen von < 100 KBE/ml. Alle weiteren Proben überschritten bereits nach dieser Inkubationszeit „up-stream“ den Grenzwert.

Nach 96 h Inkubation konnten „up-stream“ im Verlauf der Woche bei keiner Probe Koloniezahlen unter 100 KBE/ml festgestellt werden.

Die „down-stream“ Ergebnisse zeigten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Inkubationszeiträumen: An Einheit A gelang es, mit Hilfe des Filters, vor der eintägigen Stagnation Trinkwasserqualität zu erreichen. Nach der Stagnation wurde der Grenzwert überschritten. An Einheit B konnte sogar nach der Stagnation die Anforderung der Trinkwasserverordnung erfüllt werden. Die Koloniezahl lag bei < 10 KBE/ml.

4.2.2 Keimzahlbestimmung nach initialer Intensivreinigung

Ergebnisse mit Mikromotor

Im Wasserleitungssystem der Einheit B wurden bereits am dritten Entnahmetag am Mikromotor „down-stream“ mehr als 100 KBE/ml nach 44 ± 4 h Inkubation nachgewiesen. Die „down-stream“-Keimzahl lag sogar über der des „up-stream“-Abschnittes (s. Abb. 4-3). An Einheit A konnte über die gesamte Woche „down-stream“ Wasser von Trinkwasserqualität gewonnen werden.

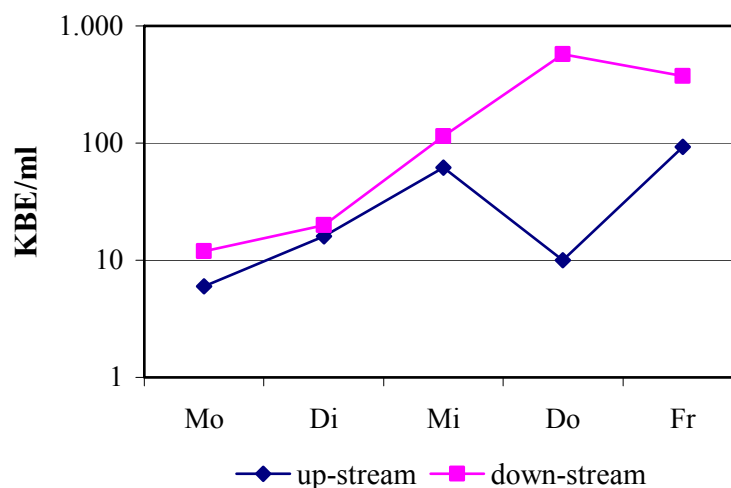


Abb. 4-3: Einheit B - Mikromotor: Koloniezahlen „up- und down-stream“ über eine Woche nach initialer Intensivreinigung; 48 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Ergebnisse mit Luft-Wasser-Spritze

Die Ergebnisse der Untersuchung mit Luft-Wasser-Spritze belegten „down-stream“ nach 44 ± 4 h Inkubation über eine Woche hinweg Trinkwasserqualität. Auch bei erneuter Auszählung nach 96 h wurde der Grenzwert nur einmal überschritten.

„Up-stream“ wurden an jeder Dentaleinheit bei der Auszählung nach 44 ± 4 h einmal 100 KBE/ml überschritten. Deutlicher höher war die „up-stream“-Keimzahl nach 96 h, hier wurde der Grenzwert immer weit überschritten (s. Abb. 4-4).

An der Luft-Wasser-Spritze der Einheit B wurde dagegen über eine Woche „down-stream“ Trinkwasserqualität erreicht. Dagegen überschritt die Keimzahl der „up-stream“-Probe des letzten Proben-tags den Grenzwert.

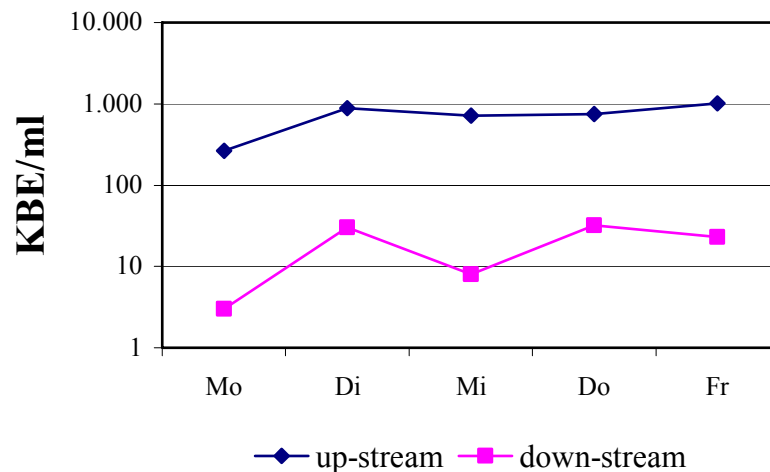


Abb. 4-4: Einheit A - Luft-Wasser-Spritze: Koloniezahlen „up- und down-stream“ über eine Woche nach initialer Intensivreinigung; 96 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

4.2.3 Keimzahlbestimmung nach Stagnation

Durch Keimzahlbestimmung nach initialer Intensivreinigung, Stagnation übers Wochenende und Probenentnahme zu Wochenbeginn konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

Die „up-stream“-Proben wiesen bei der Auszählung der Platten nach 44 ± 4 h zu Beginn der Versuchsreihe zunächst Keimzahlen < 100 KBE/ ml. Am Ende der Woche und auch nach Stagnation wurde der Grenzwert jedoch in der Mehrzahl der Proben überschritten.

Bei der erneuten Auswertung der „up-stream“-Proben nach 96 h wurden stets die für Trinkwasser geforderten Werte hinsichtlich der Koloniezahlen überschritten.

Im „down-stream“ Abschnitt wurden jedoch Keimzahlen < 100 KBE/ml nachgewiesen. Während der Versuchsdauer kam es zu einer kontinuierlichen Zunahme der im „down-stream“-Wasser enthaltenen Keime.

Mit Hilfe der qualitativen mikrobiologischen Untersuchung konnte festgestellt werden, dass alle „up-stream“ Proben u.a. *Legionella spp.* enthielten. Nach Filtration konnten „down-stream“ allerdings keine Legionellen mehr nachgewiesen werden; ebenso wurden in keiner Wasserprobe Pseudomonaden nachgewiesen.

Ergebnisse mit Mikromotor

„Down-stream“ wurden über die gesamte Woche hinweg Proben mit so geringen Keimzahlen gewonnen, dass die Anforderungen der Trinkwasserverordnung erfüllt wurden.

Nach der Stagnationsphase über das Wochenende wurden dagegen montags auch „down-stream“ die Qualitätskriterien für Trinkwasser nicht mehr erfüllt.

Nach der anschließend durchgeführten Intensiventkeimung mit Oxygenal® war „down-stream“ die Koloniezahl auf unter 100 KBE/ml abgesunken. Einen Tag später wies nur das Wasser des Mikromotors der Einheit A Trinkwasserqualität auf (s. Abb. 4-5).

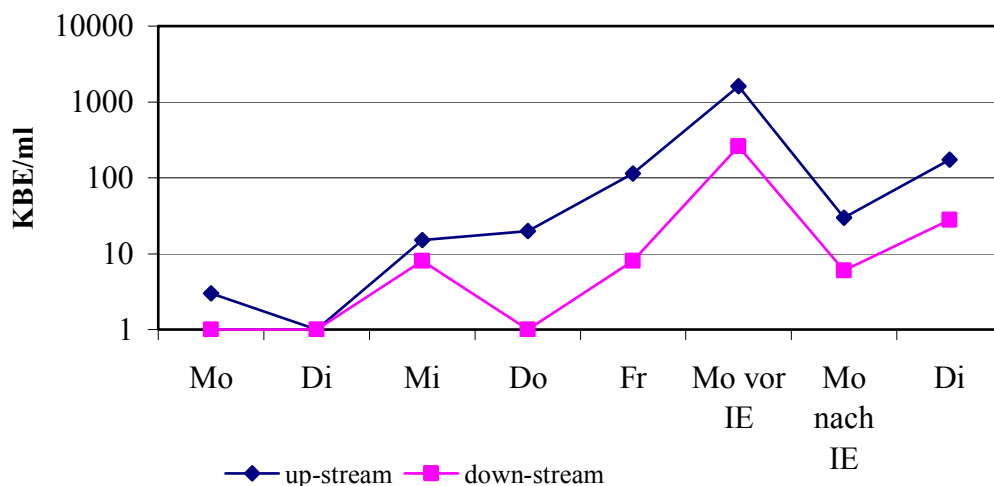


Abb. 4-5: Einheit A - Mikromotor: Koloniezahlen „up- und down-stream“ nach initialer Intensivreinigung mit ALPRON StarterSet®, einwöchiger Probenentnahme, zweitägiger Stagnation und anschließender Intensiventkeimung (IE) mit Oxygenal®; 48 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Ergebnisse mit Luft-Wasser-Spritze

Die Auswertung der „up-stream“-Proben nach 44 ± 4 h ergab für Einheit A lediglich an den ersten 4 Entnahmetagen Keimzahlen < 100 KBE/ml, bei Einheit B erfüllten die Proben des 1., 2. und 4. Beprobungstages „up-stream“ den Grenzwert. Wurden die Proben nach 96 h ausgezählt lag zu keinem Zeitpunkt die Koloniezahl der „up-stream“ gewonnenen Proben unter dem Richtwert für Trinkwasserqualität.

Während nach initialer Intensivreinigung der Schläuche mit ALPRON StarterSet® an Einheit B über eine Woche hinweg „down-stream“ Wasserproben mit Trinkwasserqualität hinsichtlich der Koloniezahlen gezogen wurden (s. Abb. 4-6), gelang dies an Einheit A nur an den ersten drei Tagen.

Nach der Stagnation über 2 Tage überschritten die an Einheit A gewonnenen „down-stream“ Proben den Richtwert für Trinkwasser um das 40-fache.

In den an den Luft-Wasser-Spritzen gezogenen Betriebswasserproben wurde durch die Intensiventkeimung mit Oxygenal® die Keimzahl nie so reduziert, dass im Anschluss daran Trinkwasserqualität erreicht werden konnte.

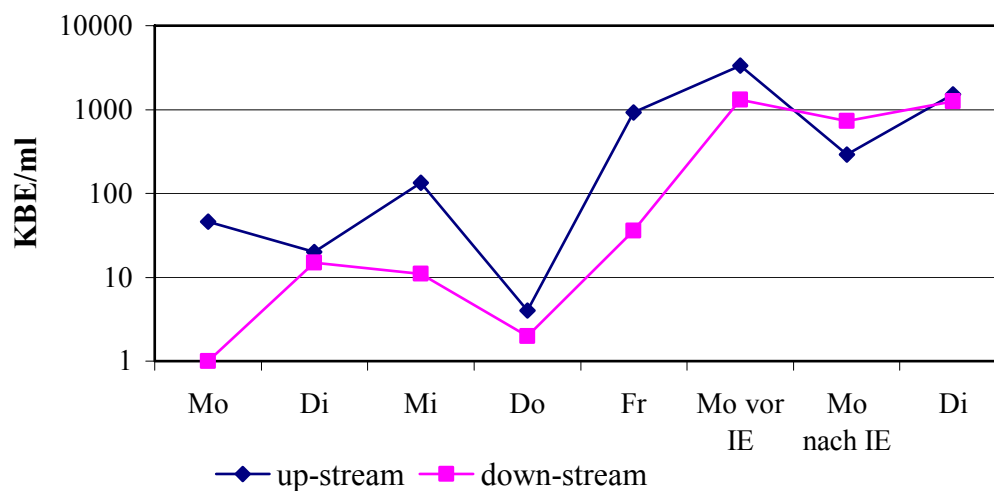


Abb. 4-6: Einheit B - Luft-Wasser-Spritze: Koloniezahlen „up- und down-stream“ nach initialer Intensivreinigung mit ALPRON StarterSet®, einwöchiger Probenentnahme, zweitägiger Stagnation und anschließender Intensiventkeimung mit Oxygenal®; 48 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

4.3. Ergebnisse des Praxisversuches

4.3.1 Untersuchung der Koloniezahl

Dargestellt werden vergleichend die nach 48 h bzw. 96 h Inkubationszeit erhaltenen Werte des Parameters koloniebildende Einheiten pro ml (KBE/ml) der Betriebswasserproben aus den Dentaleinheiten und dem Kaltwasserhahn des Waschbeckens eines Behandlungszimmers.

Die Auswertung der ersten Wasserproben der Dentaleinheiten 1 und 3 ergab nach einer Inkubationszeit von 48 h bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ und $36 \pm 1^\circ\text{C}$, an mindestens 4 der 7 Entnahmestellen jeder Einheit Koloniezahlen von > 100 KBE/ml. Hingegen waren die Ausgangswerte der Einheit 2 deutlich niedriger, alle Proben enthielten nach 48 h Inkubation < 100 KBE/ml (s. Abb. 4-7).

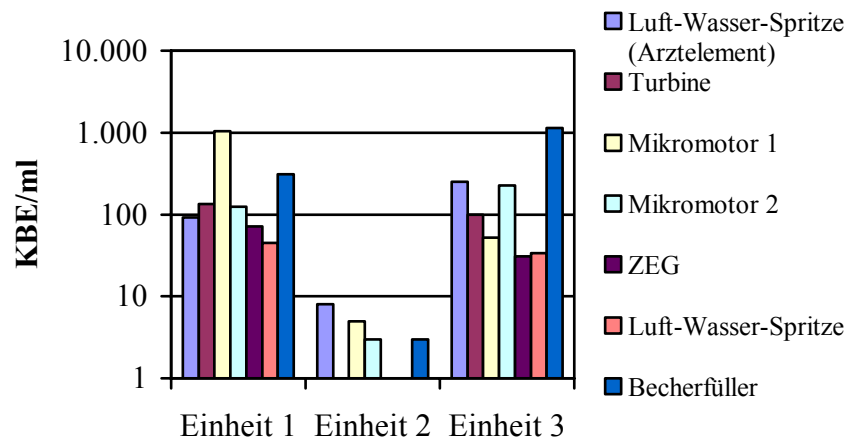


Abb. 4-7: 1. Probennahme: Ergebnisse der Koloniezahlen an sämtlichen Entnahmestellen der drei Dentaleinheiten in KBE/ml nach 48 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Nach erneuter Inkubation dieser Platten überschritten nach 96 h die Keimzahlen aller Proben der Einheit 3 in beiden Bebrütungstemperaturbereichen den zulässigen Grenzwert nach Trinkwasserverordnung (2001). Nur zwei Proben der Einheit 1, die bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ 96 h inkubiert wurden, lagen unter 100 KBE/ml. In Einheit 2 wurde auch nach 96 h Stunden der Grenzwert lediglich durch die Wasserprobe aus der Luft-Wasser-Spritze des Helferinnenelements überschritten (s. Abb. 4-8).

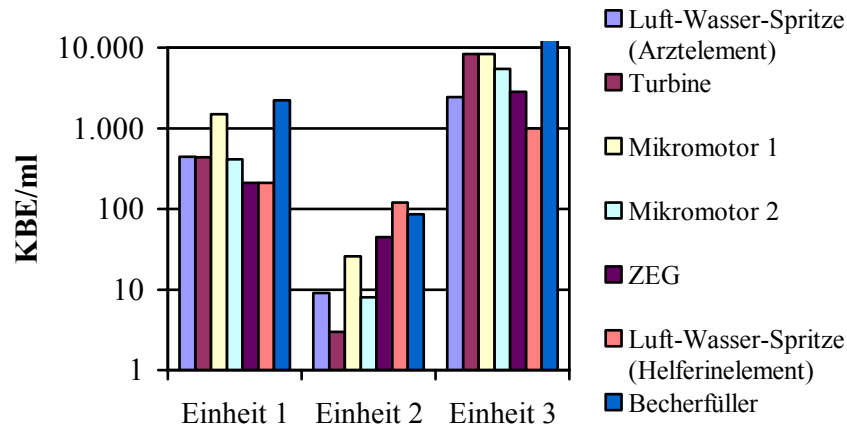


Abb. 4-8: 1. Probennahme: Ergebnisse der Koloniezahlen an sämtlichen Entnahmestellen der drei Dental-einheiten in KBE/ml nach 96 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Nach fünf Tagen wurden die 2. Proben gewonnen. Dabei zeigten Einheit 1 und 3 wiederum ähnliche Ergebnisse: Bereits nach 48 h Inkubationszeit bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ und $36 \pm 1^\circ\text{C}$ waren, im Vergleich zur letzten Probennahme, in allen Proben deutlich höhere Keimzahlen zu finden. An beiden Einheiten wurden überwiegend Werte zwischen 10^3 und 10^4 KBE/ml erreicht. Anhand der Betriebswasserprobe von Einheit 2 war ein geringer Anstieg der Keimzahl erkennbar. Alle Proben, die bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubiert wurden, wiesen jedoch nach 48 h und auch nach 96 h Keimzahlen unter dem zulässigen Grenzwert auf (s. Abb. 4-9). Im Temperaturbereich $22 \pm 2^\circ\text{C}$ wurden nach 48 h in der Probe der Luft-Wasser-Spritze des Arztelementes und am Mikromotor 1, nach 96 h Inkubationszeit in allen Proben Koloniezahlen von deutlich > 100 KBE/ml nachgewiesen.

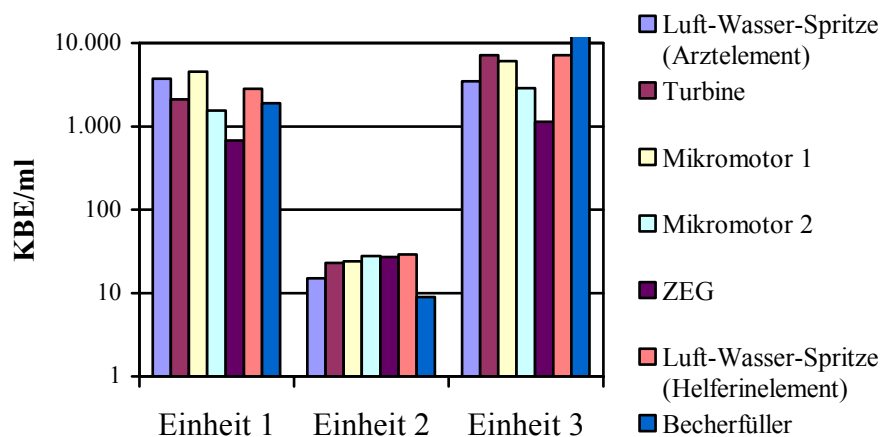


Abb. 4-9: 2. Probennahme: Ergebnisse der Koloniezahlen an sämtlichen Entnahmestellen der drei Dental-einheiten in KBE/ml nach 48 h Inkubation bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$

An diese Beprobung schloss sich die erste Sanierung der Dentaleinheiten mit Dentosept P[®] an, im Anschluss daran erfolgte die 3. Probennahme.

Es ergaben sich nach der Sanierung in den Proben der Einheiten 1 und 2 in beiden Temperaturbereichen nach einer Inkubationsdauer von 48 h in allen Fällen Koloniezahlen < 10 KBE/ml. Nach Inkubation über 96 h lagen bei Einheit 2 die Koloniezahlen in beiden Temperaturbereichen bei < 10 KBE/ml, die Proben der Einheit 1 die bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ bebrüteten Proben bei < 30 KBE/ml. Die bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ inkubierten Proben der Einheit 1 überschritten nach 96 h sämtlich den Grenzwert in deutlichem Umfang.

In fast allen Proben der Einheit 3 wurden an allen Entnahmestellen, trotz Sanierung, bereits nach einer Inkubationsdauer von 48 h in beiden Temperaturbereichen Koloniezahlen von deutlich > 100 KBE/ml nachgewiesen.

Auf Grund der hohen Keimzahlen in Einheit 3 wurde diese Einheit vor der 4. Probennahme erneut saniert. Die anschließende Probennahme ergab jetzt in beiden Temperaturbereichen nach 48 h Inkubation eine Keimreduktion auf unter 100 KBE/ml in allen Proben.

Auch bei der 5. Probennahme wurde an allen Entnahmestellen der Grenzwert nicht überschritten (s. Abb. 4-10).

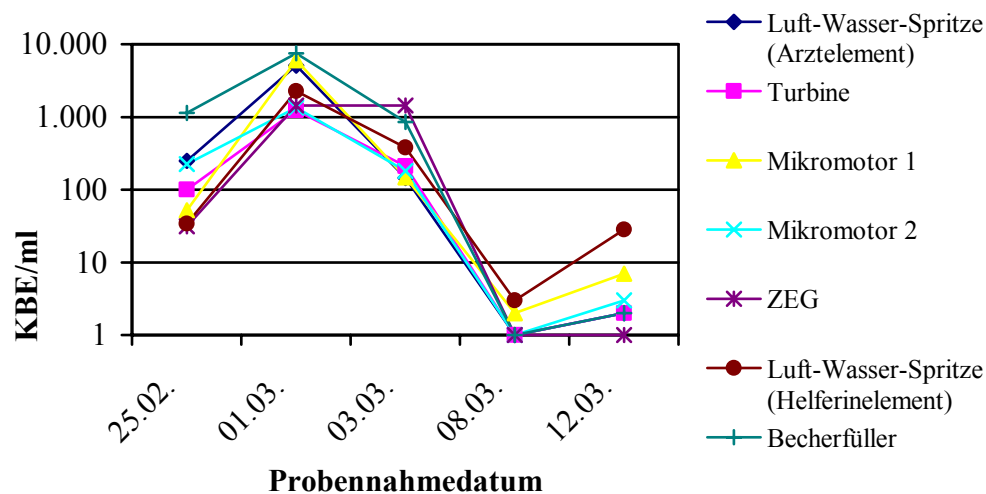


Abb. 4-10: Behandlungseinheit 3: Koloniezahsentwicklung während der ersten fünf Beprobungen der einzelnen Entnahmestellen in KBE/ml, Inkubation 48 h bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Die erneute Auszählung nach 96 h, der bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ inkubierten Platten, zeigte jedoch an 6 von 7 Entnahmestellen bei der 4. und an drei Entnahmestellen bei der 5. Probennahme Werte deutlich über 100 KBE/ml.

Ähnliche Ergebnisse wiesen Einheit 1 und 2 bei der 4. und 5. Probenentnahme auf: Nach 48 h waren bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ und $36 \pm 1^\circ\text{C}$ Bebrütungstemperatur Keimzahlen von < 100 KBE/ml festzustellen (s. Abb. 4-11). Nach 96 h bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ betrugen die Keimzahlen der Proben beider Einheiten fast immer > 100 KBE/ml.

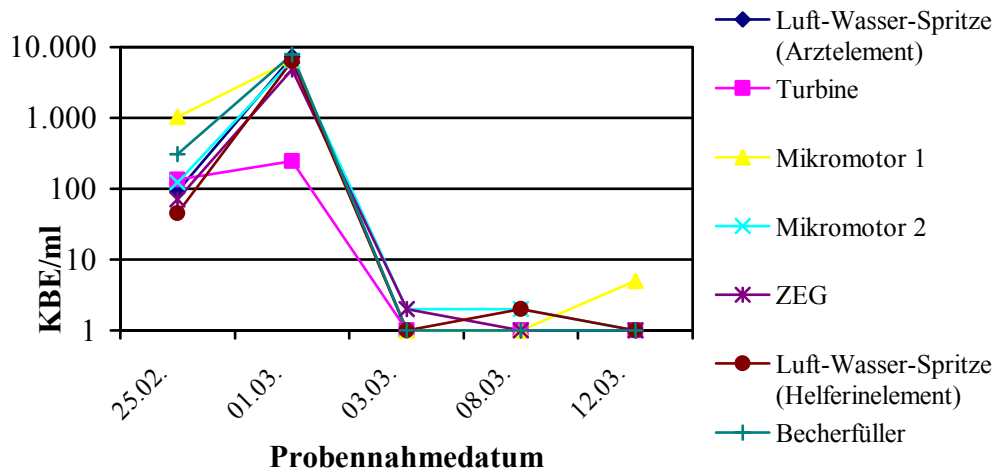


Abb. 4-11: Behandlungseinheit 1: Koloniezahsentwicklung während der ersten fünf Beprobungen der einzelnen Entnahmestellen in KBE/ml, Inkubation 48 h bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Dentaleinheit 1

Im weiteren Verlauf der Beprobungen an Einheit 1 konnten nach 48 h Inkubation bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ bis auf eine Ausnahme (19.03., Mikromotor: 4550 KBE/ml) immer Proben gewonnen werden, die Koloniezahlen deutlich < 100 KBE/ml enthielten.

Die bei dieser Temperatur inkubierten Proben aus dem Wasserhahn des Behandlungszimmers wiesen viermal Koloniezahlen > 100 KBE/ml auf.

Im Temperaturbereich $22 \pm 2^\circ\text{C}$ wurden an der Dentaleinheit, bis auf eine Ausnahme (Turbine 26.03.), immer Proben mit < 100 KBE/ml gewonnen werden (s. Abb. 4-12). In den Proben aus dem Wasserhahn wurden lediglich an zwei Tagen Werte von > 100 KBE/ml nachgewiesen.

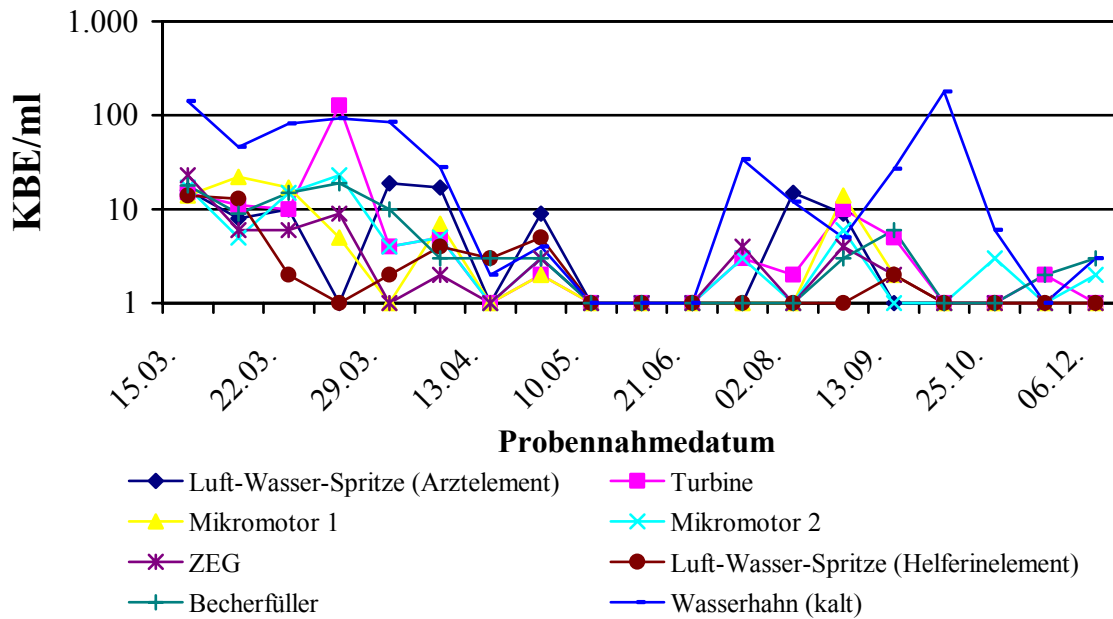


Abb. 4-12: Behandlungseinheit 1: Koloniezahsentwicklung an den einzelnen Entnahmestellen in KBE/ml ab der 6. Beprobung, Inkubation 48 h bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$

Wurden die Platten bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ jedoch 96 h inkubiert – diese Untersuchung wurde bis zur 10. Probennahme durchgeführt – waren auf den Platten, bis auf eine Probe (Luft-Wasser-Spritze, 26.03.04) Koloniezahlen von > 100 KBE/ml zu finden, während die bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für 96 h inkubierten Platten meist unter dem Grenzwert von 100 KBE/ml blieben.

Dentaleinheit 2

Alle Proben der Dentaleinheit 2 wiesen nach 48 h Bebrütung bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ und $36 \pm 1^\circ\text{C}$ immer Koloniezahlen von weniger als 100 KBE/ml auf.

Eine Probe aus dem Kaltwasserhahn sowie zwei Warmwasserproben wiesen Überschreitungen des Grenzwerts der Trinkwasserverordnung (2001) bei 48 h Inkubation bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Im Temperaturbereich $36 \pm 1^\circ\text{C}$ erfüllten insgesamt vier Wasserhahnproben den Grenzwert nicht.

Nach Inkubation der Platten über 96 h überschritten im Temperaturbereich $22 \pm 2^\circ\text{C}$ jedoch alle Platten den Grenzwert. Die 96 h bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubierten Proben wiesen nur am 26.03.04 an 6 von 7 Entnahmestellen Koloniezahlen von > 100 KBE/ml auf.

Dentaleinheit 3

Alle bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubierten Proben der Dentaleinheit 3 wiesen im Verlauf der Untersuchungen nach 48 h und auch nach 96 h Inkubationsdauer Koloniezahlen < 100 KBE/ml auf. Im Temperaturbereich $22 \pm 2^\circ\text{C}$ wurden nach 48 h Inkubation nur an einem Mikromotor > 100 KBE/ml ausgezählt.

Auch alle Proben aus den Wasserhähnen erfüllten die Kriterien der Trinkwasserverordnung (2001).

Wurden die Platten jedoch nach 96 h Inkubation erneut ausgezählt, konnten häufig Koloniezahlen von > 100 KBE/ml nachgewiesen werden.

4.3.2 Untersuchung auf *P. aeruginosa*

Zu keinem Zeitpunkt der Untersuchungen wurde im Wasser der drei Dentaleinheiten *P. aeruginosa* nachgewiesen.

4.3.3 Untersuchung auf *E. coli* und Coliforme

Nur in einer Probe der Einheit A (01.03., Turbine) wurden 5 coliforme Keime pro ml nachgewiesen. Bei allen anderen Proben konnten weder coliforme Keime noch *E. coli* nachgewiesen werden.

4.3.4 Untersuchung auf *Legionella* spp.

Die Wasseruntersuchungen an den drei Dentaleinheiten aus beiden Luft-Wasser-Spritzen, der Turbine, beiden Mikromotoren, dem Zahnsteinentfernungsgerät (ZEG) und dem Becherfüller bezogen sich neben den genannten Untersuchungen auch auf das Vorkommen von *Legionella* spp..

Waren sowohl der Direktansatz als auch die Platten der Membranfiltration auswertbar, wurden die Ergebnisse getrennt berechnet und der höhere Wert (d.h. der auf schlechtere Wasserqualität hinweisende Wert) als Endergebnis angegeben.

Dentaleinheit 1

An allen Wasserentnahmestellen der Einheit 1 wurden zu Beginn der Untersuchungen sehr hohe Zahlen an *L. pneumophila* der Serogruppe 2-6 nachgewiesen. Nach der ersten Sanierung der Einheit waren zunächst keine Legionellen mehr nachweisbar.

Bei den nächsten beiden Probennahmen traten vereinzelt geringe Zahlen an *L. pneumophila* der Serogruppe 2-6 auf. Bei der Probennahme am 22.04. war eine große Zahl *L. pneumophila* der Serogruppen 2-14 zu finden. Diese Serogruppen konnten, auch in einigen Proben vom 29.03. und 5.04. nachgewiesen werden. Im Verlauf der weiteren Beprobungen wurden an verschiedenen Entnahmestellen immer wieder *L. pneumophila* der Serogruppen 2-6 und 2-14 gefunden (s. Abb. 4-13).

In den Wasserproben des Warmwasserhahnes am Waschbecken konnten im Rahmen einer einzigen Wasseruntersuchung (10.05.) *L. pneumophila* der Serogruppen 2-6 nachgewiesen werden.

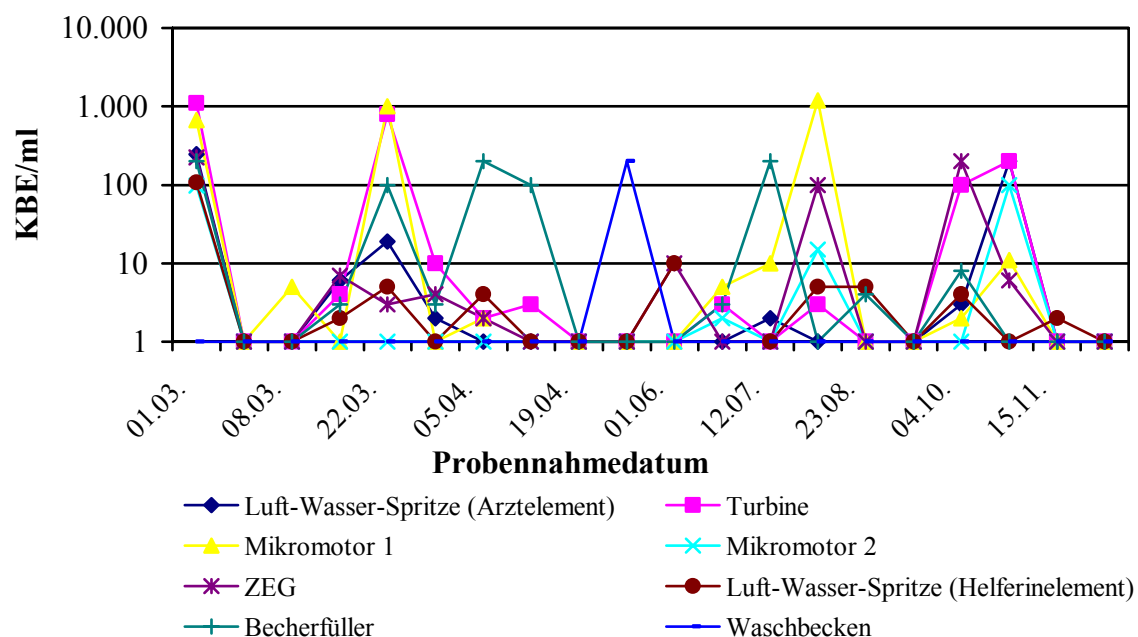


Abb. 4-13: Entwicklung der Anzahl von *L. pneumophila* in Dentaleinheit 1 an sämtlichen Entnahmestellen (KBE/100 ml)

Dentaleinheit 2

In Einheit 2 konnten vor der ersten Sanierung lediglich in den Proben der Turbine und des Becherfüllers *L. pneumophila* der Serogruppen 2- 6 nachgewiesen werden. Bei den nächsten 3 Beprobungen der Dentaleinheit 2 waren keine Legionellen nachweisbar. Erst am 22.3. wurden an den Entnahmestellen Luft-Wasser-Spritze (Arzt) und Turbine *L. pneumophila* der Serogruppen 2- 6 gefunden. An den weiteren 16 Entnahmetagen mit insgesamt 112 Proben konnten in 5 Proben *L. pneumophila* nachgewiesen werden.

In den Proben aus dem Warmwasserhahn konnten in Probe 4 und 5 *L. pneumophila* nachgewiesen werden. Die nächsten fünf Proben waren frei von Legionellen. In den folgenden 11 Proben waren immer *L. pneumophila* nachweisbar.

Dentaleinheit 3

Die Beprobung der Dentaleinheit 3 zeigte vor der ersten Sanierung an allen Entnahmestellen eine hohe Kontamination mit *L. pneumophila* der Serogruppen 2-6. Auch die Sanierung führte zu keiner vollständigen Legionellen-Eliminierung, es waren weiterhin an allen Entnahmestellen *L. pneumophila* nachweisbar.

Erst nach einer weiteren Sanierung der Dentaleinheit wurden bei den nächsten drei Probenahmen keine Legionellen mehr identifiziert. Am 29.03. wurden in der Probe der Luft-Wasser-Spritze (Helferinseite) *L. pneumophila* der Serogruppen 2-14 nachgewiesen. Bei den folgenden fünf Beprobungen konnten jeweils an mehreren Entnahmestellen *Legionella spp.* nachgewiesen werden. Die nächsten 10 Proben der verschiedenen Entnahmestellen waren allerdings legionellenfrei.

Auch im Leitungswasser konnten *L. pneumophila* nachgewiesen werden. In sieben der ersten acht Proben des Wasserhahns befanden sich *L. pneumophila*, in den folgenden vier weiteren Proben wurden keine *L. pneumophila* nachgewiesen. In vier von neun anschließenden Proben konnten *L. pneumophila* gefunden werden.

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des praxisnahen Modellversuches und des Praxisversuches

Praxisnaher Modellversuch

Die Versuche zeigen die prinzipielle Möglichkeit, durch inline Filter die Wasserqualität des Kühl- und Betriebswassers von Dentaleinheiten zu verbessern. In einzelnen Fällen wurde für die Dauer von 3-4 Tagen sogar Trinkwasserqualität hinsichtlich der Einhaltung des Richtwertes gemäß Trinkwasserversorgung (2001) für die Koloniezahlen erreicht.

Unabhängig vom Einsatz eines Filters ist jedoch eine desinfizierende Reinigung des wasserführenden Systems zur dauerhaften Reduktion der Koloniezahl auf < 100 KBE/ml notwendig, da eine Rekontamination des Wassers bei Passage des Mikromotors und der Luft-Wasser-Spritze erfolgt, die nicht durch die Filtration des Wassers vermeidbar ist.

Der Einsatz von Aufbereitungsmaßnahmen wie z.B. der Sterilisation der Schlauchteile und von anderem Zubehör führte zu einem grundsätzlich akzeptablen Ergebnis im Sinne einer der Trinkwasserverordnung (2001) entsprechenden Wasserqualität. Allerdings ist diese Vorgehensweise auf Grund des hohen finanziellen Aufwandes und der üblicherweise nicht vorhandenen gerätetechnischen Ausstattung nicht für die tägliche Arbeitssituation geeignet.

Einen geringeren Material- und Zeitaufwand für die zahnärztliche Praxis darstellende, geräteinterne Intensiventkeimung mit Oxygenal® erwies sich zur Dekontamination des Wassers und des wasserführenden Systems als nicht ausreichend.

Praxisversuch

Die ersten Proben der Praxisversuche konnten zeigen, dass bereits bei der Inbetriebnahme fabrikneuer Dentaleinheiten der Grenzwert der Trinkwasserverordnung hinsichtlich der KBE/ml überschritten werden kann.

Unter Anwendung eines detaillierten Reinigungsplanes, der die regelmäßige Sanierung der Dentaleinheiten sowie das tägliche Durchspülen der wasserführenden Elemente einschloss, gelang es, an allen drei Dentaleinheiten, die Anzahl der KBE/ml in einem Ausmaß zu reduzieren, dass der Grenzwert der Trinkwasserverordnung eingehalten wurde.

Auch konnten in keinem Fall *P. aeruginosa* und *E. coli* sowie nur einmalig coliforme Keime nachgewiesen werden.

Trotz regelmäßiger Sanierung der Dentaleinheiten gelang es jedoch mit diesen Methoden nicht, Legionellen dauerhaft zu eliminieren. Da aber laut Vorgabe des RKI (2006) das Betriebswasser der Dentaleinheiten weniger als 1 KBE Legionellen/ml enthalten sollte, ist es nötig, das Wasser zusätzlich zu behandeln.

5 Diskussion

Wasser aus zahnärztlichen Behandlungseinheiten, das in die Mundhöhle des Patienten gelangt und damit verschluckt oder eingeatmet werden kann, sollte nach den Vorgaben des RKI (1998, 2006) Trinkwasserqualität aufweisen. Nach den Maßgaben der Trinkwasserverordnung (2001) dürfen in einem Milliliter Wasser nicht mehr als 100 koloniebildende Einheiten (KBE) nachgewiesen werden. Des Weiteren dürfen in 100 Milliliter Trinkwasser keine Pseudomonaden sowie *E. coli* und coliforme Keime enthalten sein (Trinkwasserverordnung, 2001). Ebenso sollte der Richtwert des RKI für Legionellen von 0 pro 100 Milliliter nicht überschritten werden.

5.1 Keimbelastung des Betriebswassers von Dentaleinheiten

Verschiedene Autoren konnten zeigen, dass das Kühlwasser auch von modernen Dentaleinheiten diesen Ansprüchen an Trinkwasser häufig nicht gerecht wird. Es wurden vielfach zu hohe Gesamtkeimzahlen und das Auftreten von *Legionella spp.*, Pseudomonaden, *E. coli* und coliformen Keimen festgestellt (s. Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1: Keimnachweis im Kühlwasser von Dentaleinheiten (Literaturübersicht 1985-2005)

Art der Verunreinigung des Kühlwassers	Autoren, Erscheinungsjahr	
Gesamtkeimzahl > 100 KBE/ml	Hein, 1985 Borneff, 1986 Mayo et al., 1990 Scheid et al., 1990 Williams et al., 1994 Prevost et al., 1995 Barbeau et al., 1996 Himbert, 1997	Meiller et al., 1999 Noce et al., 2000 Kettering et al., 2002 Souza-Gugelmin et al., 2003 Kohno et al., 2004 Montebugnoli et al., 2004 Walker et al., 2004 Dürr und Borneff-Lipp, 2005
Nachweis von <i>Legionella spp.</i>	Fotos et al., 1985 Borneff, 1988 Reinthal et al., 1988 Pankhurst et al., 1990 Lück et al., 1991	Shearer et al., 1996 Atlas et al., 1999 Zanetti et al., 2003 Walker et al., 2004
Nachweis von <i>Pseudomonas spp.</i>	Hein, 1985 Borneff, 1986 Martin, 1987 Tall et al., 1995	Barbeau et al., 1996 Singh et al., 2003 Walker et al., 2004
Nachweis von coliformen Keimen	Borneff, 1986	Singh et al., 2003

Ein besonderes Risiko stellt die hohe Keimbelastung des Wassers der Dentaleinheiten für immundefiziente Patienten dar. Aber auch beim immunkompetenten Menschen kann durch eine Wundsetzung im Mundbereich eine Unterbrechung der natürlichen Abwehrschanke erfolgen und somit das Infektionsrisiko, z.B. durch Einschwemmung von Mikroorganismen in die Blutbahn, steigen. Außerdem können Keime auch während der Behandlung mit dem Wasser verschluckt werden (Prucha und Tilkes, 1986) oder durch die Aerosolbildung mit der Atemluft in die Lunge gelangen (Barbeau et al., 1998).

Ursächlich kommen für überhöhte Koloniezahlen Keimbelastungen des in die Einheiten eingespeisten Trinkwassers in Frage. So konnten Prevost et al. (1995), Gabrysiak (1996) und Himbert (1997) zeigen, dass der nach der Trinkwasserverordnung (1991) geltende Richtwert von 100 KBE/ml bereits an der Übergabestelle überschritten wurden. Borneff (1986) und Reinthaler et al. (1993) wiesen in Studien den Eintrag von Legionellen im warmen Leitungswasser von Praxen bzw. Krankenhäusern nach.

Die daraus unter Umständen resultierende schnelle Keimbesiedelung fabrikneuer Dentaleinheiten innerhalb einer Woche Betriebszeit, über die Kriterien der Trinkwasserverordnung (2001) hinaus, war zum Zeitpunkt unserer Untersuchungen bereits in der Literatur beschrieben worden (Prevost et al., 1995; Barbeau et al., 1996; Kettering et al., 2002; Özcan et al., 2003). Himbert (1997) fand z.B. bei der Untersuchung des Wassers fabrikneuer Dentaleinheiten Keimzahlen, die den Richtwert der Trinkwasserverordnung (2001) überschritten. Er machte dafür den Probelauf der Dentaleinheiten beim Hersteller verantwortlich.

Auch in unseren Versuchen wiesen zwei der untersuchten, fabrikneuen Dentaleinheiten des Praxisversuches bereits bei der ersten Probennahme unmittelbar nach Inbetriebnahme Keimzahlen deutlich oberhalb des Grenzwertes nach Trinkwasserverordnung (2001) von 100 KBE/ml auf.

Des Weiteren wurden pathogene und fakultativ pathogene Keimarten nachgewiesen.

Insbesondere betraf die den Nachweis von *Legionella spp.*, welche trotz strenger Umsetzung des Sanierungsplanes im Rahmen unseres Praxisversuches aus dem Kühl- und Betriebswasser nicht dauerhaft eliminiert werden konnten.

Auch in der Literatur liegen Beschreibungen vor, nach denen verschiedene Desinfektionsmaßnahmen, wie z. B. Chlorierung des Wassers (Pankhurst et al., 1990), Verwendung von Hypochlorit (Zanetti et al., 2000) oder H₂O₂-haltiger Präparate, ebenfalls ein Vorkommen von Legionellen langfristig nicht verhindert werden konnte. Pankhurst et al. (1990) versuchten

durch den Einsatz eines zentralen Filters *Legionella spp.* aus dem Wasser zu eliminieren, dies gelang jedoch ebenfalls nicht dauerhaft.

Diese Tatsache muss aus klinischer Sicht durchaus kritisch gesehen werden; Atlas (1995) fand in 8 % der Wasserproben von Dentaleinheiten *L. pneumophila* und konnte durch molekulargenetische Analyse die Übertragung von Legionellen aus dem Aerosol der Dentaleinheiten auf das Praxispersonal nachweisen. Bereits Fotos et al. (1985) hatten signifikant höhere anti-Legionellen-Antikörper-Titer beim Personal zahnärztlicher Einrichtungen feststellen können. Mit dem Nachweis einer solchen Infektionsmöglichkeit, die nicht nur für das Praxispersonal, sondern auch für alle Patienten besteht, wird die Bedeutung einer ausreichenden Desinfektion des Kühlwassers der Dentaleinheiten deutlich.

Das RKI (2006) macht zusätzlich auf das Dosis-Wirkungs-Paradox beim Auftreten von Legionellosen aufmerksam: Trotz legionellen-kontaminierter Wassersysteme können Infektionen ausbleiben, andererseits können Infektionen bereits durch minimale Legionellenzahlen im Wasser ausgelöst werden. Allein im Wasser vorhandene Legionellen stellen keine direkte Gesundheitsgefährdung dar, erst die Inhalation oder Aspiration intrazellulär (in Amöben) lebender Legionellen, vor allem der Serogruppe 1, kann zur Infektion führen, da nur so die Aktivierung von Virulenzfaktoren erfolgen kann.

Zanetti et al. (2000) fanden in 21,8 % der untersuchten Kühlwasserproben *L. pneumophila*, wobei in dieser Studie in den Dentaleinheiten einer Zahnklinik häufiger *L. pneumophila* nachzuweisen waren als in privaten Praxen. Zu dieser Vermutung kommen auch Pankhurst et al. (2003), denn in lediglich einer von 166 Zahnarztpraxen im Großraum London konnte *L. pneumophila* nachgewiesen werden. Das geringere Auftreten der Legionellen in privaten Praxen sei wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass hier der Wasseranschluss direkter erfolgt und nicht – wie in vielen großen Kliniken – komplexe Leitungssysteme und Wassertanks zwischengeschaltet sind (Pankhurst et al., 1990).

Andere gramnegative Stäbchen konnten in unseren Untersuchungen nur in einer Probe (Einheit A) nachgewiesen werden. Wahrscheinlich handelte es sich bei diesem einmaligen Vorkommen um eine Kontamination des Wassers bei der Probennahme, ausgehend von einem kontaminierten Handstück, da bei allen anderen Probennahmen weder coliforme Keime noch *E. coli* nachgewiesen werden konnten.

Auch andere Autoren fanden *E. coli* und coliforme Keime nur in geringem Umfang, so z.B. Borneff (1986), Monarca et al. (2000) und Singh et al. (2003) oder überhaupt nicht (Mayo et al., 1990).

P. aeruginosa wurde während unserer Studie in keiner der untersuchten Wasserproben isoliert. Vermutlich war durch das regelmäßige Ablaufenlassen von Wasser zusätzlich zum normalen Betrieb der Dentaleinheiten ein ausreichender Wasserdurchfluss gesichert, so dass sich ungünstige Bedingungen für das Wachstum von *P. aeruginosa* ergaben.

In älteren Einheiten ist das Austreten von Pseudomonaden jedoch in großem Umfang sowohl quantitativ als auch qualitativ bekannt; in einer Studie mit 20 Praxen im Rhein-Main-Gebiet wurden nicht nur *P. aeruginosa* isoliert, daneben konnten auch *P. acidovorans*, *P. fluoreszenz* und andere Pseudomonasarten nachgewiesen werden (Borneff, 1986). Barbeau et al. (1996) vermuteten, dass eine geringere Nutzung und damit eine verminderte Spülung des Wassersystems der Dentaleinheiten die Kolonisation der Pseudomonaden besonders begünstigt, in dieser Studie wurden in 24 % der untersuchten Dentaleinheiten *P. aeruginosa* nachgewiesen.

Die Infektionsgefahr, die Pseudomonas-kontaminiertes Wasser beinhalten kann, wird durch von Martin (1987) beschriebene Fälle deutlich: Zwei immunsupprimierte Patienten wurden mit *P. aeruginosa* durch das Betriebswasser von Dentaleinheiten bei der konservativen Zahnbehandlung infiziert. Vermutlich war eine durch das Matrizenband verursachte Schnittwunde am Zahnfleisch die Eintrittspforte für die Keime. Beide Patienten entwickelten Abszesse, die chirurgisch behandelt werden mussten.

5.2 Verfahren zur Keimreduktion im Betriebswasser von Dentaleinheiten

In der aktuellen Literatur wird eine Reihe verschiedener Verfahren zur Reduktion der mikrobiellen Kontamination des Betriebswassers von Dentaleinheiten diskutiert:

5.2.1 Chemische Verfahren

Folgende Substanzen kamen bislang zur chemischen Desinfektion in den wasserführenden Systemen von Dentaleinheiten zum Einsatz (s. Tabelle 5-2):

Tabelle 5-2: Übersicht zu chemischen Verfahren zur Keimreduktion in Dentaleinheiten

Wirkstoff	Autor, Erscheinungsjahr
Chlorhexidin	Hein, 1985 Walker et al., 2000
Natriumhypochlorit	Shearer, 1999 Walker et al., 2000
Glutaraldehyd	Shearer, 1999
Isopropanol	Shearer, 1999
Povidone-Iod	Mills et al., 1986
Peressigsäure	Montebugnoli et al., 2004
Wasserstoffperoxid	Lingner et al., 2001 Tuttlebee et al., 2002 Zanetti et al., 2003
Chlor	Pankhurst et al., 1990 Wirthlin et al., 2003

Die Anwendung chemischer Desinfektionsmittel ist jedoch ihrer Wirkung umstritten, da häufig eine unzureichende Keimreduktion festzustellen ist, darüber hinaus sind Nebenwirkungen durch den Haut- und Schleimhautkontakt nicht auszuschließen. Dies gilt insbesondere für die Anwendung klassischerweise als schleimhautreizende Substanzen bekannte Substanzen, wie z.B. Aldehyde, Oxidantien und Halogene (s. Tabelle 5-2). Aus diesem Grund kamen in unseren Versuchen lediglich die Herstellerseitig geprüften und bekanntermaßen unproblematische geräteseitige Desinfektion, die dem Kühlwasser ständig Oxygenal® (KaVo, Biberach), einem Desinfektionsmittel auf H₂O₂-Basis, in einer Wirkkonzentration von 1:200 zuführt zum Einsatz („Dauerentkeimung“).

Unsere Ergebnisse der Probennahme vor Filter, die auf diese Weise behandeltes Wasser untersuchten, zeigten jedoch keine genügende Dekontamination des Wassers durch diese geräteinterne Desinfektionsmaßnahme. Auch die Kombination von Filtration und Dauerentkeimung konnte nicht in allen Fällen Trinkwasserqualität gewährleisten.

Schel et al. (2006) konnten bei der Anwendung von Oxygenal[®] an Dentaleinheiten eine signifikante Reduktion der Gesamtkeimzahl feststellen, allerdings wird in dieser Studie auf die geringe Ausgangskeimbelastung (meist < 200 KBE/ml) der Dentaleinheiten vor der Anwendung von Oxygenal[®] hingewiesen, die sich deutlich von derjenigen in den von uns untersuchten Einheiten unterscheiden.

Zusätzlich zur Dauerentkeimungsmaßnahme wurde nach längeren Stagnationsperioden das geräteinterne Intensivreinigungsprogramm der Dentaleinheit genutzt, um die Keimzahl im Kühlwasser zu reduzieren. Dabei wurde das Schlauchsystem mit Oxygenal[®] in einer Konzentration von 1:24 behandelt und anschließend gespült. Diese Methode erwies sich in unseren Versuchen jedoch ebenfalls als nicht ausreichend, den im Schlauchsystem der Dentaleinheit vorhandenen Biofilm zu entfernen und so auch nach längeren Stagnationsphasen eine Keimreduktion zu erreichen.

In Modellversuchen konnten Walker et al. (2003) und Decoret et al. (2005) mit Oxygenal[®] Biofilme zwar fast vollständig entfernen, jedoch wurden die Flächen innerhalb kurzer Zeit (7-14 Tage) erneut durch einen Biofilm besiedelt. Deshalb gehen auch hier diese Autoren davon aus, dass eine wöchentliche Desinfektion der Dentaleinheit mit Oxygenal[®] nicht ausreicht, um Trinkwasserqualität hinsichtlich der Koloniezahl zu erreichen.

Auf Grund der unzureichend desinfizierenden Wirkung des H₂O₂-Präparates wurde versucht, durch Kombination von geräteinterner Intensivreinigung und Applikation eines speziellen Biofim-Removers die Keimzahl zu reduzieren.

Allerdings ist die Materialverträglichkeit einer wöchentlichen Reinigung mittels Biofim-Remover kritisch zu betrachten. Nach Angabe des Herstellers kann das Präparat vierteljährlich zur Reinigung der Einheiten verwendet werden. Der Dentaleinheitenhersteller Sirona empfiehlt hingegen, die Reinigung maximal einmal jährlich durchzuführen. Auf Grund dessen wurden in unserer Versuchsreihe nur die von der Dentaleinheit abmontierbaren Schläuche gereinigt, auf eine Spülung des gesamten Systems mit dem Biofim-Removers wurde aus Haftungsgründen verzichtet.

Auf diese Weise konnten zwar nach dem Filter Proben von Trinkwasserqualität gewonnen werden, eine ausreichende und dauerhafte Reinigung des Schlauchsystems vor dem Filter gelang jedoch nicht.

Auch Smith et al. (2002) ermittelten ähnliche Ergebnisse. In diesen Versuchen wurden Dentaleinheiten geprüft, die über ein internes Wasserreservoir verfügten. Die Reinigungslösungen konnten dort hineingegeben werden und so durch das gesamte Schlauchsystem der Dentaleinheit gepumpt werden. Trotzdem konnte nur ein Kurzzeiteffekt bezüglich der Keimreduktion beobachtet werden, es resultierte ein schneller erneuter Anstieg der Gesamtkeimzahl.

Auch im Rahmen des Praxisversuches an drei fabrikneuen Einheiten wurde deutlich, dass mit der geräteinternen Permanentdesinfektion auf H_2O_2 -Basis (Dentosept[®] METASYS Medizintechnik GmbH, Rum (A)) in einer Wirkkonzentration von 0,7 %, keine ausreichende Keimreduktion möglich war. Es wurden häufig KBE/ml ermittelt, die den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (2001) deutlich überschritten. Auf Grund dieser nicht zufrieden stellenden Ergebnisse nach alleiniger Permanentdesinfektion schlossen wir die Sanierung der Dentaleinheiten mit dem geräteinternen Sanierungsprogramm (Dentosept P[®]) an.

Es zeigte sich, dass es in den neuen Einheiten im Gegensatz zu den älteren, im Modellversuch getesteten Einheiten durch die Kombination von Permanentdesinfektion und regelmäßiger Anwendung der geräteinternen Sanierung durchaus möglich ist, die Koloniezahl soweit zu reduzieren, dass in fast allen Proben der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (2001) von 100 KBE/ml eingehalten wurde.

Jatzwauk und Reitemeier (2002) untersuchten ebenfalls an Einheiten des Herstellers Sirona den Effekt der Kombination aus Dauerentkeimung und Intensivreinigung mit Dentosept P[®]. Es wiesen 64 % der Proben Trinkwasserqualität hinsichtlich der Koloniezahl auf. In dieser Studie wurde die Intensivreinigung jedoch nur alle 3 Monate durchgeführt.

Schel et al. (2006) wiesen die Effektivität der Keimzahlreduktion von Dentosept P[®] nach, aber auch in dieser Studie konnten nicht über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg Proben von < 100 KBE/ml gewonnen werden.

5.2.2 Physikalische Verfahren

Da Stagnationsperioden des Wassers in der Dentaleinheit während behandlungsfreier Intervalle zu einem Anstieg der Keimzahl führen können (Hesselgren und Nedlich, 1981; Mayo, 1990; Peters und McGaw, 1996; Pankhurst et al., 1998), stellt das Ablaufenlassen des

Stagnationswassers im zahnärztlichen Praxisbetrieb eine ohne größeren Arbeitsaufwand schnell und kostengünstig durchzuführende Methode zur Keimreduktion dar (Prevost et al., 1995; Barbeau et al., 1996; Mayo et al., 1990; Scheid et al., 1990; Shearer, 1991; Whitehouse et al., 1991; Jatzwauk und Reitemeier, 2002).

Dabei sollte die vom RKI (2006) empfohlene Dauer von zwei Minuten täglich vor Behandlungsbeginn im Minimum eingehalten werden, um eine ausreichende Keimreduktion zu erreichen. Eine Quantifizierung dieser Maßnahme wurde jedoch nicht vorgenommen.

In unseren Versuchsreihen wurden täglich vor der ersten Probennahme 100 ml Betriebswasser abgelassen.

Nach längeren Standzeiten (z. B. übers Wochenende) reichte diese Methode in Kombination mit der Wasserfiltration jedoch während unserer Versuche nicht aus, Trinkwasserqualität zu erreichen.

Das von Scheid et al. (1990) empfohlene Ablaufenlassen von mindestens einem Liter Stagnationswasser scheint jedoch nur schwer in die Praxis umsetzbar. Außerdem gibt es in der Literatur auch Hinweise, dass bei sehr starker Kontamination der Dentaleinheit und Vorhandensein eines Biofilms das Durchspülen der Einheit über mindestens 6 min zu keiner ausreichenden Keimreduktion führt (Mayo et al., 1990), da bei starkem Wasserdurchfluss durch das englumige Schlauchsystem Teile des wandhaftenden Biofilms und darin befindliche Keime abgelöst werden und auf diese Weise das Kühlwasser zusätzlich belasten können (Shearer, 1996).

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass das Ablaufenlassen des Stagnationswassers eine hilfreiche Maßnahme darstellt, die jedoch nicht zu einer grundsätzlichen Lösung des Kontaminationsproblems im Kühl- und Betriebswasser führt.

Eine retrograde Kontamination durch den Rücksog von Kühlwasser soll nach den RKI-Empfehlungen (2006) auch durch den Einbau von speziellen Ventilen verhindert werden. Die Rücksogstrecke in die Übertragungsinstrumente wurde zwar herstellerseitig gegenüber den früheren Jahren deutlich reduziert, so dass das Kontaminationsrisiko verringert werden konnte, trotzdem sollten die Übertragungsinstrumente auch zwischen zwei Behandlungen für 20 Sekunden gespült werden (RKI, 2006).

Die Möglichkeit der Keimreduktion im Wasser von Dentaleinheiten durch Filtration wurde erstmals durch Dayoub et al. (1978) beschrieben. Die endständig an Ultraschallscaler (Zahnsteinentfernungsgerät) und Winkelstück angebrachten Filter konnten zwar kurzfristig die Keimbelastung reduzieren, mussten jedoch mindestens alle 48 h ausgetauscht werden.

Auch in unseren Versuchen ergab sich die Notwendigkeit, den inline Filter im Laufe eines Behandlungstages zu wechseln, da die Durchflussrate des Kühlwassers sich deutlich reduzierte. Hiermit könnte unter Umständen eine thermische Schädigung des behandelten Zahnes verbunden sein.

Um eine Rekontamination des Wassers nach Filtration zu verhindern, sollte der Filter möglichst distal am Handstück angebracht werden (Pankhurst et al., 1998) und ein täglicher Wechsel erfolgen (Murdoch-Kinch et al., 1997).

In unseren Versuchen wurden die Filtergehäuse ebenfalls endständig (ca. 10 cm vor dem Ansatz des Arbeitsgerätes) am Schlauch der Luft-Wasser-Spritze und dem Mikromotor montiert. Vor Beginn der Versuche wurden die Schläuche zur Schaffung einheitlicher Ausgangskeimzahlen sterilisiert. Die Filter wurden täglich vor der ersten Probennahme unter sterilen Bedingungen gewechselt, so konnte ein zusätzlicher Keimeintrag ins Schlauchsystem vermieden werden.

Zwar sollte durch die Montage der Filter proximal der Arbeitsgeräte, die Beeinträchtigung des Behandlers möglichst gering bleiben, aber auf Grund des Gewichtes und der daraus resultierenden ungünstigeren Handlichkeit erwies sich der Umgang mit dem Übertragungsinstrument als schwierig (u.a. Kommentare der nutzenden Studenten).

Auch Pankhurst et al. (1990) gelang es über kurze Zeit, mit Hilfe eines zentral eingebauten Filters die Keimzahl im Kühlwasser zu reduzieren, aber auch hier gelang es nicht, *Legionella spp.* dauerhaft zu entfernen.

Amin-Sharifi et al. (2000) untersuchten in einer Studie die Wirksamkeit eines inline Filters an HNO-Einheiten. In 18,2 % der Filtrate konnten jedoch sehr hohe Konzentrationen gramnegativer Keime nachgewiesen werden.

Jatzwauk und Reitemeier (2002) nutzten ebenfalls endständig am Mikromotor montierte inline Filter zur Keimzahlreduktion. So gelang es in 88 % der Wasserproben Keimzahlen von < 100 KBE/ml zu erreichen.

Grundsätzlich bleibt in diesem Zusammenhang festzuhalten, dass die Applikation von inline Filtern zwar kurzfristig Trinkwasserqualität im zugeführten Betriebswasser von Dentaleinheiten ermöglicht, der zeitliche und auch der finanzielle Aufwand sowie die mangelnde Handhabbarkeit bedeuten jedoch, dass weitere Entwicklungsarbeiten vonnöten sind, um dieses Verfahren der Keimreduktion für Dentaleinheiten sicher und praktikabel zu machen.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Praxisnaher Modellversuch

Mit Hilfe unserer Versuche konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz eines inline Filters die Wasserqualität des Kühl- und Betriebswassers nicht nur von neuen, sondern auch von in Betrieb befindlichen Dentaleinheiten wesentlich verbessert werden kann.

Proben des gefilterten Wassers wiesen für die Dauer von 3-4 Tagen Trinkwasserqualität im Sinne des Richtwertes für die Koloniezahlen gemäß Trinkwasserverordnung (2001) auf. Die z.T. hohen Keimzahlen an der Entnahmestelle „up-stream“, d.h. vor Filter zeigen, dass die geräteinterne Dauer- und Intensiventkeimung mit Oxygenal® auf Dauer andererseits keine ausreichende Dekontamination des Wassers und des wasserführenden Systems gewährleistet. Deshalb wurde die geräteinterne Intensivreinigung mit der Reinigung der Schläuche der Luft-Wasser-Spritzen und der Mikromotoren mit einem Biofim-Remover (ALPRON StarterSet®) kombiniert. Auf diese Weise konnten über einen kurzen Zeitraum hinweg im Rahmen der Beprobungen „down-stream“ Proben, d.h. nach Filter, von Trinkwasserqualität gewonnen werden.

Einer Umsetzung des inline Filter-Verfahrens in die tägliche Praxis und Klinik steht zum jetzigen Zeitpunkt der derzeit noch nötige Filterwechsel unter sterilen Kautelen im Wege. Dieser einen hohen Zeit- und Personalaufwand und somit Kosten verursachende Aufwand sollte durch eine verbesserte Filtertechnik kompensiert werden.

Eine entsprechende Planung wurde von Seiten der Dentalindustrie und Herstellern von Filtersystemen bereits in Angriff genommen; eine ausreichende Praxisreife kann jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht bestätigt werden.

6.2 Praxisversuch

Die Untersuchung neu in Betrieb genommener Dentaleinheiten zeigte bereits bei der ersten Probennahme eine erhebliche mikrobielle Kontamination des zugeführten Betriebswassers.

Mit der Einhaltung eines detaillierten Reinigungsplans, der die regelmäßige Sanierung der Dentaleinheiten alle drei Wochen sowie das tägliche Durchspülen der wasserführenden Elemente beinhaltete, gelang es, die Anzahl der KBE/ml soweit zu reduzieren, dass die Koloniezahl von 100 KBE/ml nicht überschritten wurde. Auch wurden in keinem Fall *P. aeruginosa* und *E. coli* sowie nur einmalig coliforme Keime nachgewiesen.

Trotz regelmäßiger Sanierung der Dentaleinheiten konnten mit diesen Methoden vorhandene Legionellen allerdings nicht dauerhaft eliminiert werden. Aus diesem Grund erscheint es nötig, eine zusätzliche Maßnahme zu treffen, wie z.B. einen Filter im Wassereintrittsbereich einzusetzen oder weiterführende Desinfektionsapplikationen zu etablieren.

Dabei könnte langfristig die Kombination von regelmäßiger Sanierung und die Verwendung eines „inline“ oder zentral montierten Filters eine dauerhaft ausreichende Reduktion der Keimzahl im Kühl- und Betriebswasser garantieren.

7 Zusammenfassung

Zahlreiche Studien belegen hohe Keimbelastungen mit fakultativ oder gar obligat pathogenen Keimen des Kühl- und Betriebswasser von zahnärztlichen Behandlungseinheiten.

Nach den aktuellen Empfehlungen des Robert Koch-Institutes (RKI, 2006) sollte die Wasserqualität jedoch den Anforderungen an Trinkwasser entsprechen.

Im Einzelnen betrifft dies die Forderung einer Koloniezahl ≤ 100 KBE/ml, für *E. coli* und coliforme Keime darf der Wert 0 KBE pro 100 ml nicht überschritten werden (Trinkwasserverordnung, 2001). Das RKI legt des Weiteren einen Richtwert von < 1 KBE/ml für Legionellen und 0 Pseudomonaden pro 100 ml Trinkwasser fest.

Ziel unserer Untersuchungen war es, die Wirkung chemischer und physikalischer keim-reduzierender Maßnahmen in ihrer Wirkung auf die Wasserqualität in Dentaleinheiten in einem praxisnahen Modellversuch sowie einem Praxisversuch zu prüfen.

Im Rahmen des praxisnahen Modellversuchs wurden in die Schläuche von Luft-Wasser-Spritze und Mikromotor zweier Dentaleinheiten (KaVo, Systematica[®], Baujahr 1995) an möglichst distal gelegener Position inline Filter montiert. Beide Dentaleinheiten verfügten über eine geräteinterne Dauerentkeimungsanlage mit Oxygenal[®], diese blieb während der Versuche routinemäßig in Betrieb.

Durch einen integrierten Bypass bestand die Möglichkeit, Wasserproben direkt vor der Filtration zu entnehmen. Zur Ermittlung der keimreduzierenden Wirkung des Filters wurde eine zweite Wasserprobe nach Passage des Filters und des Arbeitsgerätes gewonnen.

Von insgesamt 136 Proben aus drei Versuchsreihen wurde in Anlehnung an die Methoden der Trinkwasserverordnung (1990) die Anzahl der KBE/ml bestimmt. In Versuchsreihe 1 wurde die grundsätzlich mögliche Keimzahlreduktion mittels inline Filter nachgewiesen, indem sterilisierte Schläuche zum Einsatz kamen. Vor Filtration konnten wir dabei häufig Koloniezahlen von > 100 KBE/ml nachweisen, während über 3-4 Tage im Bereich nach Filter Trinkwasserqualität nach diesem Kriterium (Koloniezahlen < 100 KBE/ml) vorlag.

Allerdings wurde bei längerer Beobachtung auf Grund des erneuten Anstiegs der Koloniezahl in den Proben nach Filtration der Einsatz einer weiteren Desinfektionsmaßnahme erforderlich. Hierzu erfolgte zu Beginn der 2. Versuchsreihe eine Behandlung der abmontierbaren Schläuche der Dentaleinheit mit angeschlossenen Mikromotoren und Luft-Wasser-Spritzen mit dem Desinfektionsreiniger ALPRO StarterSet[®].

In Versuchsreihe 3 wurde zusätzlich das von Seiten des Herstellers der Dentaleinheit angebotene Intensiventkeimungsverfahren mit Oxygenal[®] appliziert, nachdem es auch nach den in

Versuchsreihe 1 und 2 eingesetzten Verfahren nach längeren Stagnationszeiten (z.B. Wochenende) auch mittels Filter nicht gelang, die Koloniezahl auf unter 100 KBE/ml zu senken.

Zusammenfassend bleibt für den praxisnahen Modellversuch im Ergebnis festzuhalten, dass zwar die prinzipielle Möglichkeit der Keimreduktion mittels Filter gezeigt werden konnte; eine dauerhafte Wirkung dieser Maßnahme wurde jedoch durch Rekontamination über nicht aufbereitbare Geräteteile, wie z.B. Mikromotoren, verhindert. Des Weiteren erwies sich die Tatsache, dass es im Betriebszustand zu einer Reduzierung des Wasserdurchflusses durch den Filter kam als problematisch für den Einsatz in der täglichen Praxis.

In einem zweiten Studienteil (Praxisversuch) wurde zur Dekontamination des Kühl- und Betriebswassers dreier neu in Betrieb genommener Dentaleinheiten (Sirona C2+) ein Sanierungskonzept unter Verwendung einer Kombination von Permanentdesinfektion und regelmäßiger Sanierung mittels des herstellerseitig empfohlenen Präparates Dentosept P[®] über 22 Wochen im laufenden Betrieb einer zahnärztlich-chirurgischen Ambulanz geprüft. Die Untersuchung der Wasserproben erfolgte auf das Vorkommen von Legionellen, Pseudomonaden, *E. coli* und coliformen Keimen.

Zu Beginn der Versuche wurde bei zwei Dentaleinheiten eine sehr hohe Gesamtkeimzahl (im Maximum 1140 KBE/ml) festgestellt. Mit Hilfe des detaillierten Reinigungsplanes war es über die Versuchsdauer hinweg möglich, an allen drei Dentaleinheiten, die Gesamtkeimzahl auf unter 100 KBE/ml zu reduzieren. *P. aeruginosa* und *E. coli* wurden in keinem Fall, coliforme Keime nur einmalig nachgewiesen.

L. pneumophila wurde jedoch trotz regelmäßiger Sanierung der Dentaleinheiten zu verschiedenen Zeitpunkten in allen drei Dentaleinheiten nachgewiesen, was mit der bekannten Resistenz von *Legionella spp.* gegenüber Desinfektionsmitteln zu erklären ist. Unsere Versuche konnten damit zeigen, dass die Kombination von Permanentdesinfektion und Sanierung der Einheit mit Dentosept P[®] nicht ausreicht, um die von RKI vorgegebenen Anforderung von < 1 KBE/ml für Legionellen zu erfüllen.

Es erweist sich daher als notwendig, zusätzliche ggf. physikalische Maßnahmen, wie z.B. den Einbau zentraler Filter zur Eliminierung der Legionellen aus dem Kühl- und Betriebswasser einzusetzen.

Zukünftige Technologien müssen diese Aspekte berücksichtigen, um zu einem sicheren Konzept für das Betriebswasser der Dentaleinheiten im Sinne der aktuellen Empfehlungen des Robert Koch-Institutes (2006) zu kommen.

8 Literaturverzeichnis

1. Amin-Sharifi DA, Ebner W, Daschner F, Frank U: Reduktion der Keimbelastung in HNO-Einheiten. HNO 48 (2000) 54-58
2. Atlas RM: *Legionella*: From environmental habitats to disease pathology, detection and control. Environ Microbiol 1 (1999) 283-293
3. Atlas RM, Williams JF, Huntington M: Legionella contamination of dental unit water. Appl Environ Microbiol 61 (1995) 1208-1213
4. Barbeau J, Gauthier C, Payment P: Biofilms, infectious agents, and dental unit waterlines: a review. Can J Microbiol. 44 (1998) 1019-1028
5. Barbeau J, Nadeau C: Dental unit waterline microbiology: a cautionary tale. J Can Dent Ass 63 (1997) 775-779
6. Barbeau J, Tanguay R, Faucher E, Avezard C, Trudel L, Côté L, Prevost AP: Multiparametric analysis of waterline contamination in dental units. Appl Environ Microbiol 62 (1996) 3954-3959
7. Bauer E, Langer H, Portele K: Turbine und Keimstreuung. Dtsch Zahnärztl Z 22 (1967) 1183-1195
8. Beech IB, Sunner J: Biocorrosion: Towards understanding interactions between biofilms and metals. Curr Opin Biotechnol 15(2004) 181-186
9. Birke S: Zur Frage der Kontamination wasserführender Aggregate in zahnärztlichen Behandlungseinheiten. Med Diss. Universität Bonn (1980)
10. Borneff M.: Hygiene-Probleme in der zahnärztlichen Praxis unter besonderer Berücksichtigung der Dentaleinheiten. Zentralbl Bakteriell Mikrobiol Hyg 183 (1986) 130-152
11. Borneff M: Legionellen-Vorkommen in Dentaleinheiten und Konsequenzen für die Praxishygiene. Zentralbl Bakteriell Mikrobiol Hyg 187 (1989) 295-311
12. Brandt J: Untersuchung zur Erstbesiedelung des Kühlwassers zahnärztlicher Behandlungseinheiten sowie zur Entkeimung durch Einsatz von Wasserstoffperoxid. Med Diss. Universität Kiel (1994)
13. Bundesgesetzblatt: Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung und der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung. Jahrgang 1990 Teil I; Bonn (5. Dez. 1990) 2612-2629
14. Bundesgesetzblatt: Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung. Jahrgang 2001 Teil I, Nr. 24; Bonn (28. Mai 2001) 959-980
15. Ciszewski HJ: Die Wasserversorgung zahnärztlicher Handstücke, eine Gefahrenquelle für Zahnarzt und Patient. Dtsch Zahnärztl Z 37 (1982) 398-399
16. Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP: Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science 284 (1999) 1318-1322
17. Dayoub MB, Risilko DJ, Gross A: A method of decontamination of ultrasonic scalers and high speed handpieces. J Periodontol 49 (1978) 261-265
18. Decoret D, Amoussou Y, Lagneau C, Lissac M, Morrier JJ, Barsotti O: A simulated use of hydrogen peroxide disinfectant for preventing biofilm formation in dental unit waterlines. Europ Cells and Mat 10 (2005) 24-25
19. Donlan RM: Biofilms: microbial life on surfaces. Emerg Infect Dis 8 (2002) 881-890

20. Dürr M, Borneff-Lipp M: Hygienemanagement bei Dental- und HNO-Behandlungseinheiten. 6. Ulmer Symposium, Ulm, 19.04.-22.04.2005
21. Dürr M, Kaetzke A, Borneff-Lipp M: Hygienemanagement bei HNO-Einheiten. 13. GHU / 9. ISEM-Tagung, Erlangen, 19.10.-21.10.2005
22. Exner M, Haun F, Kocikowski R: Zahnärztliche Einheiten als Kontaminationsquelle für *Pseudomonas aeruginosa*. Dtsch Zahnärztl Z 29 (1981) 819-824
23. Exner M, Tuschewitzki G, Scharnagel J: Influence of biofilms by chemical disinfectants and mechanical cleaning. Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg 183 (1987) 549-563
24. Flieger A, Banerji S, Broich M, Rydzewski K, Shadrach WS: Pathogenese der Legionelleninfektion. Bundesgesundheitsbl 46 (2003) 694-699
25. Fotos PG, Westfall HN, Snyder IS, Miller RW, Mutchler BM: Prevalence of *Legionella*-specific IgG and IgM antibody in a dental clinic population. J Dent Res 64 (1985) 382-385
26. Gabrysiak N: Mikrobielle Kontamination und Keimspektrum des Wassers alter und neuer Dentaleinheiten. Med Diss. Universität Leipzig (1996)
27. Grün L, Crott K: Über den Keimgehalt des Turbinensprays I. Fahrbare Turbinen. Dtsch. zahn ärztl. Z. 24 (1969) 189-193
28. Grün L, Crott K: Über den Keimgehalt des Turbinensprays I. Fahrbare Turbinen. Dtsch. zahn ärztl. Z. 24 (1969) 870-875
29. Hein P: Die mikrobiologische Besiedlung zahnmedizinischer Einheiten und Möglichkeiten ihrer Beeinflussung. Hyg. + Med. 10 (1985) 493-503
30. Hesselgren SG, Nedlich U: Bakterienwachstum in zahnärztlichen Geräten. Quintessenz 3 (1981) 531-536
31. Himbert A: Vorkommen und gesundheitliche Bedeutung von Bakterien im Kühlwasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. Med Diss. Universität Halle/Wittenberg (1997)
32. Jatzwauk L, Lück C, Neumann K: Infektionsrisiko durch Legionellen in Dentaleinheiten. ZN 3 (2000) 2-5
33. Jatzwauk L, Reitemeier B: A pilot study of three methods for the reduction of bacterial contamination of dental unit water systems in routine use. Int J Environ Health 204 (2002) 303-308
34. Kettering JD, Stephens JA, Munos-Viveros CA, Naylor WP: Reducing bacterial counts in dental unit waterlines: tap water vs. distilled water. J Contemp Dent Pract 3 (2002) 1-15
35. Klein WE: Bakteriologische Untersuchungen zur Hygiene am zahnärztlichen Arbeitsplatz. Med Diss. Universität Tübingen (1983)
36. Kohno S, Kawata T, Kaku M, Fujita T, Tsutsui K et al.: Bactericidal effects of acidic electrolyzed water on the dental unit waterline. Jpn J Infect Dis 57 (2004) 52-54
37. Lingner JB, Molinari JA, Forbes WC, Farthing CF, Winget WJ: Evaluation of a hydrogen peroxide disinfectant for dental unit waterlines. J Am Dent Assoc 132 (2001) 1287-1291
38. Lück PC, Bender L, Ott M, Helbig JH, Hacker J: Analyses of *Legionella pneumophila* serogroup 6 strains isolated from a hospital warm water supply over a three-year period by using genomic long-range mapping techniques and monoclonal antibodies. Appl Environ Microbiol 57 (1991) 3226-3231

39. Martin MV: The significance of the bacterial contamination of dental unit water systems. *Br Dent J* 163 (1987) 152-154
40. Mayo JA, Oertling KM, Andrieu SC: Bacterial biofilm: a source of contamination in dental air-water syringes. *Clin Prev Dent* 12 (1990) 13-20
41. Meiller TF, Depaola LG, Kelley JJ, Baqui A, Turng BF, Falkler WA: Dental unit waterlines: Biofilms, disinfection and recurrence. *J Am Dent Assoc* 130 (1999) 65-72
42. Michel R, Borneff M: Über die Bedeutung von Amöben und anderen Protozoen in wasserführenden Systemen von Dentaleinheiten. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg* 187 (1989) 312-323
43. Mills SE: The dental unit waterline controversy: defusing the myths, defining the solutions. *J Am Dent Assoc* 131 (2000) 1427-1441
44. Mills SE, Lauerdale PW, Mayhew RB: Reduction of microbial contamination in dental units with povidone-iodine 10%. *J Am Dent Assoc* 113 (1986) 280- 284
45. Mittelman MW: Structure and functional characteristics of bacterial biofilms in fluid processing operations. *J Dairy Sci* 81 (1997) 2760-2764
46. Monarca S, Grottolo M, Renzi D, Paganelli C, Sapelli, Zerbini I, Nardi G: Evaluation of environmental bacterial contamination and procedures to control cross contamination in a sample of Italian dental surgeries. *Occup Environ Med* 57 (2000) 721-726
47. Montebugnoli L, Chersoni S, Prati C, Dolci G: A between-patient disinfection method to control water line contamination and biofilm inside dental units. *J Hosp Infect* 56 (2004) 297-304
48. Murdoch-Kinch CA, Andrews NL, Atwan S, Jude R, Gleason MJ, Molinari JA: Comparison of dental water quality management procedures. *J Am Dent Assoc* 128 (1997) 1235-1243
49. Noce L, Giovanni di D; Putnins EE: An evaluation of sampling and laboratory procedures for determination of heterotrophic plate counts in dental unit waterlines. *J Can Dent Assoc* 66 (2000) 262-267
50. Özcan M, Kulak Y, Kazazoglu E: The effect of disinfectant agents in eliminating the contamination of dental unit water. *J Oral Rehabil* 30 (2003) 290-294
51. Pankhurst CL, Coulter W, Philpott-Howard JJ, Harrison T, Warburton F, Platt S, Surman S, Challacombe S: Prevalence of *Legionella* waterline contamination and *Legionella pneumophila* antibodies in general dental practitioners in London and rural Northern Ireland. *Br Dent J* 195 (2003) 591-594
52. Pankhurst CL, Philpott-Howard JN, Hewitt JH, Casewell MW: The efficacy of chlorination and filtration in the control and eradication of *Legionella* from dental chair water systems. *J Hosp Infect* 16 (1990) 9-18
53. Pankhurst CL, Johnson NW, Woods RG: Microbial contamination of dental unit waterlines: the scientific argument. *Int Dent J* 48 (1998) 359-368
54. Peters E, McGaw WT: Dental unit water contamination. *J Can Dent Assoc* 62 (1996) 492-495
55. Prevost AP, Robert M, Charland R, Barbeau J: Doctor, would you drink water from your dental unit? *N Y State Dent J* (1995) 22-28
56. Prucha J., Tilkes F: Wasserversorgung der zahnärztlichen Behandlungseinheiten. In: Beck EG, Schmidt P (Hrsg): *Hygiene in Krankenhaus und Praxis*. Springer, Berlin, 1986, S. 155-157

57. Reinthaler FF, Mascher F, Stützner D: Serological examinations for antibodies against *Legionella* species in dental personnel. *J Dent Res* 67 (1988) 942-943
58. Reinthaler FF, Sattler J, Schaffler-Dulling K, Weinmayer B, Marth E: Comparative study of procedures for isolation and cultivation of *Legionella pneumophila* from tap water in hospitals. *J Clin Microbiol* 31 (1993) 1213-1216
59. Robert Koch-Institut: Anforderungen an die Hygiene. *Bundesgesundheitsbl* 8 (1998)
60. Robert Koch-Institut: *Pseudomonas aeruginosa* in einem Trinkwassernetz. *Epidemiologisches Bulletin* 40 (2002) 337-338
61. Robert Koch-Institut: Infektionsprävention in der Zahnheilkunde - Anforderungen an die Hygiene. *Bundesgesundheitsbl* 4 (2006)
62. Robert Koch-Institut: Legionellose. *Epidemiologisches Bulletin* 49 (1999) Aktualisierte Fassung Jan 2006
63. Scheid RC, Rosen S, Beck FM: Reduction of CFUs in high-speed handpiece water lines over time. *Clin Prev Dent* 12 (1990) 9-12
64. Schel AJ, Marsh PD, Bradshaw DJ, Finney M, Fulford MR, Frandsen E, Østergard E, ten Cate JM, Moorer WR, Mavridou A, Kamma JJ, Mandilara G, Stösser L, Kneist S, Araujo R, Contreras N, Goroncy-Bermes P, O'Mullane D, Burke F, O'Reilly P, Hourigan G, O'Sullivan M, Holman R, Walker JT: Comparison of Efficacies of disinfectants to control microbial contamination in dental unit water systems in general dental practices across European Union. *Appl Environ Microbiol* 72 (2006) 1380-1387
65. Shearer BT: Biofilm and dental office. *J Am Dent Assoc* 127 (1996) 181-189
66. Singh R, Stine OC, Smith DL, Spitznagel JK, Labib ME, Williams HN: Microbial diversity of biofilms in dental unit water systems. *Appl Environ Microbiol* 69 (2003) 3412-3420
67. Smith AJ, McHugh S, Aitkin I, Hood J: Evaluation of the efficacy of Alpron disinfectant for dental unit water lines. *Br Dent J* 193 (2002) 593- 596
68. Souza-Gugelmin MCM, Lima CDT, Lima de SNM, Mian H, Ito IY: Microbial contamination in dental unit waterline. *Braz Dent J* 14 (2003) 55-57
69. Sutherland IW: The biofilm matrix - an immobilized but dynamic microbial environment. *Trends Microbiol* 9 (2001) 222-227
70. Tall BD, Williams HN, George KS, Gray RT, Walch M: Bacterial succession within a biofilm in watersupply lines of dental air-water syringes. *Can J Microbiol* 41 (1995) 647-654
71. Tuttlebee CM, O'Donnel MJ, Keane CT, Russell RJ, Sullivan DJ, Falkiner F, Coleman DC: Effective control of dental chair unit waterline biofilm and marked reduction of bacterial contamination of output water using two peroxide-based disinfectants. *J Hosp Infect* 52 (2002) 192-205
72. Walker JT, Bradshaw DJ, Bennett AM, Fulford MR, Martin MV, Marsh PD: Microbial biofilm formation and contamination of dental-unit water systems in general dental practice. *Appl Environ Microbiol* 66 (2000) 3363-3367
73. Walker JT, Bradshaw DJ, Finney M, Fulford MR et al.: Microbiological evaluation of dental unit water systems in general dental practice in Europe. *Eur J Oral Sci* 112 (2004) 412-418

74. Walker JT, Bradshaw DJ, Fulford MR, Marsh PD: Microbiological evaluation of a range of disinfectant products to control mixed-species biofilm contamination in a laboratory model of a dental-unit water system. *Appl Environ Microbiol* 69 (2003) 3327-3332
75. Whitehouse RLS, Peters E, Lizotte, Lilge C: Influence of biofilms on microbial contamination in dental unit water. *J Dent* 19 (1991) 290-295
76. Williams HN, Kelley J, Folineo D, Williams Gc, Hawley CL, Sibiski J: Assessing microbial contamination of clean water DU and compliance with disinfection protocols. *J Am Dent Assoc* 125 (1994) 1205-1211
77. Wirthlin MR, Marshall GW, Rowland RW: Formation and decontamination of biofilms in dental unit waterlines. *J Periodontol* 74 (2003) 1595-1609
78. Zanetti F, Stampi S, De Luca G, Fateh-Moghadam P, Sabbatini B, Checchi L: Water characteristics associated with the occurrence of *Legionella pneumophila* in dental units. *Eur J Oral Sci* 108 (2000) 22-28
79. Zanetti F, De Luca G, Tarlazzi P, Stampi S: Decontamination of dental unit water systems with hydrogen peroxide. *Lett Appl Microbiol* 37 (2003) 201-206

9 Anlagen

9.1 Detailergebnisse des praxisnahen Modellversuchs

9.1.1 Versuche mit Vorschaltung einer initialen Plasmasterilisation

Tabelle 9-1: Mikromotoren: Gesamtkoloniezahl der Proben in KBE/ml

Inkubation bei 22°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	205	1	11545	8
Di	48	6	4818	33
Mi	300	36	1036	45
Do				
Fr	279	299	4455	582

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	60	1	2182	38
Di	117	1	1118	1
Mi	107	1	773	2
Do				
Fr	28	1164	873	1400

Inkubation bei 36°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	95	1	13455	3
Di	70	1	3818	3
Mi	300	1	1091	1
Do				
Fr	23	9	?	18

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	31	1	55	1
Di	427	1	691	1
Mi	523	1	586	1
Do				
Fr	205	147	245	209

Tabelle 9-2: Luft-Wasser-Spritzen: Gesamtkoloniezahl der Proben der in KBE/ml

Inkubation bei 22°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	62	1	1200	1
Di	179	1	445	2
Mi				
Do	118	114	964	681
Fr	62	1	1200	1

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	38	1	846	1
Di	164	2	2892	2
Mi				
Do	3	1	882	3
Fr	38	1	846	1

Inkubation bei 36°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	259	1	209	1
Di	280	1	510	1
Mi				
Do	>300	>300	518	518
Fr	259	1	209	1

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	236	1	491	1
Di	2378	2	2532	2
Mi				
Do	100	1	156	1
Fr	236	1	491	1

9.1.2 Versuche mit Vorschaltung einer initialen Intensivreinigung

Tabelle 9-3: Mikromotoren: Gesamtkoloniezahl der Proben in KBE/ml

Inkubation bei 22°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	48	1	310	1
Di	1	1	3	2
Mi	1	1	1482	1
Do	3	4	4100	21
Fr	30	15	1336	38

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	6	12	200	15
Di	16	20	300	30
Mi	62	115	536	131
Do	10	573	991	770
Fr	93	373	1000	627

Inkubation bei 36°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	14	1	1000	1
Di	1091	1	1118	7
Mi	3	4	1618	4
Do	1	1	2445	9
Fr	9	1	1855	1

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	9	10	20	10
Di	7	20	19	50
Mi	22	15	47	21
Do	26	300	400	309
Fr	39	23	120	31

Tabelle 9-4: Luft-Wasser-Spritzen: Gesamtkoloniezahl der Proben in KBE/ml

Inkubation bei 22°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	13	1	264	3
Di	300	1	882	30
Mi	1	1	718	8
Do	12	23	745	32
Fr	4	1	1009	23

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	20	8	530	9
Di	27	31	445	52
Mi	9	61	418	227
Do	127	53	436	73
Fr				

Inkubation bei 36°C

Einheit A	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	4	1	8	2
Di	34	5	58	5
Mi	5	1	118	3
Do	16	6	34	14
Fr	1	3	336	28

Einheit B	für 48 h		für 96 h	
	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	10	7	38	8
Di	20	22	71	28
Mi	27	19	454	28
Do	143	50	564	51
Fr	156	1	156	1

9.1.3 Versuche mit Vorschaltung einer initialen Intensivreinigung und Einfluss von Stagnation und Reinigung

Tabelle 9-5: Mikromotoren: Gesamtkoloniezahl der Proben in KBE/ml

Inkubation bei 22°C

Einheit A	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	3	1	1225	1
Di	1	1	845	18
Mi	15	8	473	9
Do	20	1	400	5
Fr	113	8	545	25
Mo vor IE	1600	260	4455	391
Mo nach IE	30	6	3455	24
Di	173	28	364	55

IE – Intensiventkeimung

Einheit B	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	22	1	300	2
Di	4	1	536	8
Mi	35	2	300	6
Do	155	9	450	13
Fr	2	6	436	19
Mo vor IE	300	163	1255	195
Mo nach IE	63	45	870	75
Di	25	273	300	527

Inkubation bei 36°C

Einheit A	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	1	1	640	1
Di	1	1	6	1
Mi	20	3	30	6
Do	1	1	300	1
Fr	11	1	320	6
Mo vor IE	220	1	1609	2
Mo nach IE	1	1	2818	10
Di	7	1	22	10

IE – Intensiventkeimung

Einheit B	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	19	1	40	1
Di	5	1	7	6
Mi	11	1	35	1
Do	66	1	300	1
Fr	1	1	19	1
Mo vor IE	38	1	181	19
Mo nach IE	18	1	55	14
Di	13	7	25	8

Tabelle 9-6: Luft-Wasser-Spritzen: Gesamtkoloniezahl der Proben in KBE/ml

Inkubation bei 22°C

Einheit A	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	1	1	780	1
Di	25	1	800	7
Mi	26	8	436	13
Do	72	110	809	155
Fr	1718	464	1718	464
Mo vor IE	2064	4364	2691	5455
Mo nach IE	100	336	440	445
Di	470	480	782	618

IE – Intensiventkeimung

Einheit B	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	46	1	555	11
Di	20	15	464	17
Mi	133	11	464	15
Do	4	2	300	5
Fr	918	36	1218	40
Mo vor IE	3364	1309	4364	1591
Mo nach IE	290	734	1391	936
Di	1509	1255	1718	1509

Inkubation bei 36°C

Einheit A	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	1	1	1	1
Di	1	1	22	9
Mi	9	5	24	5
Do	1	5	345	5
Fr			1781	464
Mo vor IE	9	151	28	164
Mo nach IE	1	1	7	10
Di	10	3	16	3

IE – Intensiventkeimung

Einheit B	up-stream	down-stream	up-stream	down-stream
Mo	11	1	17	1
Di	1	1	16	1
Mi	1	1	1	6
Do	1	1	3	1
Fr	300	11	300	17
Mo vor IE	1	2	427	10
Mo nach IE	1	1	22	10
Di	5	1	52	1

9.2 Detailergebnisse des Praxisversuches

9.2.1 Koloniezahl

Tabelle 9-7: Ergebnisse nach Inkubation bei 22°C über 48 h in KBE/ml

Behandlungseinheit 1

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
25.02.	92	134	1.040	124	71	45	309		
01.03.	7.360	245	6.640	6.450	4.820	6.360	7.910	203	
03.03.	0	0	1	2	2	1	0	273	
08.03.	0	0	0	2	0	2	0		0
12.03.	0	0	5	0	0	0	0		32
15.03.	16	15	14	17	23	14	18		141
19.03.	8	11	22	5	6	13	9		46
22.03.	10	10	17	15	6	2	15		81
26.03.	0	127	5	23	9	1	19		93
29.03.	19	4	0	4	0	2	10		85
05.04.	17	5	7	5	2	4	3	36	28
13.04.	0	0	0	0	0	3	3	4	2
19.04.	9	2	2	3	3	5	3	4	4
10.05.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.06.	0	0	0	0	1	0	0	5	0
21.06.	1	0	0	0	1	defekt	0	0	0
12.07.	1	3	1	3	4	defekt	0	29	34
02.08.	15	2	0	0	1	0	1	21	12
23.08.	9	10	14	6	4	1	3	0	5
13.09.	0	5	2	1	2	2	6	16	27
04.10.	0	1	0	0	0	0	0	31	178
25.10.	0	1	1	3	0	1	1	2	6
15.11.	1	2	1	0	1	1	2	2	0
06.12.	0	0	1	2	1	1	3	4	3

Behandlungseinheit 2

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
25.02.	8	1	5	3	0	0	3		
01.03.	509	73	228	4	3	14	15	874	
03.03.	0	0	0	1	0	0	0	80	
08.03.	1	0	0	0	2	0	defekt		3
12.03.	3	1	0	1	1	0	68		34
15.03.	22	5	6	9	9	12	7		39
19.03.	8	15	10	10	25	1	10		27
22.03.	13	56	41	34	43	66	62		56
26.03.	14	9	4	3	5	3	0		10
29.03.	6	2	13	5	9	5	13		21
05.04.	4	10	10	9	2	3	0	26	14
13.04.	3	1	2	0	3	8	0	10	2
19.04.	3	3	1	0	1	4	0	23	6
10.05.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.06.	0	0	4	0	1	0	4	10	8
21.06.	0	1	0	0	1	0	0	162	132
12.07.	3	1	5	10	1	4	7	47	24
02.08.	1	2	0	0	1	0	0	9	2
23.08.	4	5	4	1	1	0	5	14	5
13.09.	2	3	9	1	3	5	5	8	6
04.10.	1	2	0	0	0	2	2	40	16
25.10.	1	1	1	0	1	0	2	23	5
15.11.	2	0	2	1	1	0	0	5	2
06.12.	1	0	1	0	defekt	1	2	41	39

Behandlungseinheit 3

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
25.02.	250	100	52	226	31	34	1.140		
01.03.	5.090	1.240	6.000	1.340	1.440	2.260	7.540	2.000	
03.03.	145	209	147	182	1.440	380	845	109	
08.03.	1	0	2	1	1	3	1		7
12.03.	2	2	7	3	0	28	2		31
15.03.	0	6	0	0	7	0	0		13
19.03.	12	12	14	19	3	8	4		37

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
22.03.	71	78	107	37	39	17	42		44
26.03.	8	3	0	0	0	defekt	0		45
29.03.	3	8	6	0	15	4	3		43
05.04.	5	4	0	3	0	0	3	5	8
13.04.	1	1	6	2	0	4	1	26	15
19.04.	7	2	1	2	4	5	0	22	1
10.05.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.06.	0	1	6	2	1	2	3	4	6
21.06.	0	5	0	11	2	0	3	95	24
12.07.	3	4	9	7	12	3	16	69	26
02.08.	3	7	1	0	1	2	18	31	12
23.08.	4	1	5	2	3	defekt	9	32	7
13.09.	4	0	2	1	1	defekt	5	13	65
04.10.	2	2	0	1	0	defekt	1	27	25
25.10.	0	0	defekt	2	1	defekt	0	21	8
15.11.	0	1	0	1	0	defekt	3	2	3
06.12.	0	0	0	1	2	0	0	4	7

Tabelle 9-8: Ergebnisse nach Inkubation bei 36°C über 48 h in KBE/ml

Behandlungseinheit 1

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
25.02.	282	137	700	85	50	88	527		
01.03.	3.730	2.090	4.540	1.540	673	2.840	1.910	6	
03.03.	0	0	0	0	1	0	0	201	
08.03.	0	0	0	1	0	2	6		0
12.03.	4	0	0	3	10	6	0		28
15.03.	29	6	0	7	5	0	3		32
19.03.	13	11	11	4.550	10	3	8		155
22.03.	9	5	5	10	5	7	13		12
26.03.	0	19	8	3	0	0	14		212
29.03.	5	2	3	8	23	2	2		81
05.04.	26	21	3	22	8	4	5	4	27
13.04.	4	5	3	0	2	0	4	11	13
19.04.	3	5	5	0	6	1	1	70	5
10.05.	2	0	0	3	0	0	0	230	4

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
01.06.	0	0	0	1	0	2	2	56	0
21.06.	2	1	0	0	2	defekt	2	6	4
12.07.	4	5	3	3	8	defekt	5	36	26
02.08.	23	32	5	0	2	0	1	5	1
23.08.	6	9	14	6	4	2	1	5	7
13.09.	0	9	2	4	5	3	4	48	52
04.10.	0	1	0	1	1	0	0	43	18
25.10.	0	0	0	1	0	0	0	32	3
15.11.	1	1	2	0	0	1	0	10	12
06.12.	1	0	2	0	0	0	0	3	53

Behandlungseinheit 2

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
25.02.	5	4	4	5	1	0	4		
01.03.	15	23	24	28	27	29	9	2.480	
03.03.	0	0	0	0	0	0	0	191	
08.03.	0	2	2	3	0	0	defekt		0
12.03.	5	3	1	5	1	12	13		255
15.03.	11	31	10	2	11	14	7		25
19.03.	7	5	11	8	19	14	30		73
22.03.	9	33	16	5	7	21	7		4
26.03.	1	8	0	3	2	2	4		11
29.03.	4	0	0	5	7	4	6		10
05.04.	4	15	4	15	2	1	5	28	8
13.04.	3	0	0	4	6	2	1	107	8
19.04.	0	5	1	0	1	2	0	15	6
10.05.	0	0	1	0	0	0	0	15	5
01.06.	0	0	0	0	2	0	1	6	4
21.06.	2	0	0	1	2	0	1	107	95
12.07.	1	5	6	5	2	13	9	28	44
02.08.	0	8	0	1	0	1	0	7	12
23.08.	5	2	1	2	2	5	8	16	14
13.09.	2	2	0	0	0	15	13	59	34

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
04.10.	4	54	2	0	1	0	2	191	25
25.10.	4	2	0	1	1	0	0	102	15
15.11.	1	1	0	1	3	3	0	27	13
06.12.	1	0	1	0	defekt	0	1	55	143

Behandlungseinheit 3

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Waschbecken	
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	warm	kalt
25.02.	235	245	28	318	164	161	2.640		
01.03.	3.450	7.090	6.090	2.870	1.140	7.180	16.100	2.360	
03.03.	3.300	96	164	160	1.140	170	1.100	236	
08.03.	2	0	1	2	4	0	0		11
12.03.	0	0	2	3	0	0	1		27
15.03.	3	2	1	1	4	11	4		36
19.03.	22	14	8	12	12	4	2		71
22.03.	14	14	4	9	22	32	8		48
26.03.	0	4	0	0	0	defekt	0		33
29.03.	1	9	3	3	2	11	2		17
05.04.	5	0	1	0	0	0	2	95	7
13.04.	0	5	3	2	1	4	0	17	16
19.04.	0	0	0	1	2	0	4	5	0
10.05.	0	0	2	0	0	0	1	8	3
01.06.	4	4	0	2	2	1	2	1	4
21.06.	1	3	3	8	3	2	4	96	59
12.07.	13	6	5	7	5	4	2	32	20
02.08.	0	0	2	1	1	4	8	22	11
23.08.	3	2	6	5	8	defekt	5	26	8
13.09.	8	2	2	2	3	defekt	3	8	10
04.10.	3	3	0	0	1	defekt	2	39	15
25.10.	0	0	defekt	0	0	defekt	0	34	5
15.11.	0	0	0	1	1	defekt	1	8	12
06.12.	0	1	0	0	1	1	0	12	29

Tabelle 9-9: Ergebnisse nach Inkubation bei 22°C über 96 h in KBE/ml**Behandlungseinheit 1**

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Wasch- becken
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	
25.02.	441	436	1.490	409	209	209	2.220	
01.03.	12.800	8.180	9.180	8.640	7.180	7.910	11.100	351
03.03.	491	2.810	1.400	1.510	1.000	454	282	809
08.03.	400	991	436	531	309	155	266	118
12.03.	41	2.270	1.800	1.730	315	345	427	68
15.03.	1.310	4.550	6.360	4.360	3.460	3.090	1.730	267
19.03.	2.530	4.640	2.580	2.130	2.940	1.440	2.220	125
22.03.	964	613	765	721	316	327	360	197
26.03.	1	373	2.050	2.250	1.290	340	3.180	327
29.03.	532	1.530	573	545	300	241	2.520	184

Behandlungseinheit 2

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Wasch- becken
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	
25.02.	9	3	26	8	45	120	86	
01.03.	682	1.730	1.700	1.060	269	244	166	3.730
03.03.	77	727	1.780	1.130	964	736	254	1.730
08.03.	1.350	645	775	721	318	132		82
12.03.	227	718	180	5	291	24	154	1.170
15.03.	1.550	1.370	636	127	418	281	245	74
19.03.	1.940	1.670	2.050	2.230	1.230	1.490	522	1.110
22.03.	648	1.220	703	687	409	1.580	225	99
26.03.	7.090	1.790	901	1.410	691	1.650	555	34
29.03.	334	355	400	1.320	151	455	177	46

Behandlungseinheit 3

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Wasch- becken
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	
25.02.	2.420	8.270	8.360	5.450	2.820	1.000	13.500	
01.03.	87.000	18.000	3.000	12.400	6.910	25.000	20.700	5.450
03.03.	7.820	11.300	9.270	9.270	1.290	2.820	4.180	427
08.03.	2.220	228	818	703	165	91	160	199
12.03.	173	455	364	4	8	35	3	71
15.03.	7	327	463	318	354	2	9	70
19.03.	2.870	2.050	1.790	1.740	1.130	1.680	1.710	110
22.03.	666	504	694	892	455	378	450	218
26.03.	11	266	46	11	4		175	128
29.03.	123	745	229	77	22	5	70	276

Tabelle 9-10: Ergebnisse nach Inkubation bei 36°C über 96 h in KBE/ml**Behandlungseinheit 1**

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Wasch- becken
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	
25.02.	306	189	882	99	62	115	591	
01.03.	5.730	2.580	7.000	1.860	791	2.360	2.270	252
03.03.	20	5	9	17	10	11	25	482
08.03.	11	4	5	21	7	11	26	18
12.03.	26	73	18	10	162	23	8	63
15.03.	79	21	26	36	15	21	37	56
19.03.	30	25	36	5	29	6	13	180
22.03.	16	14	10	21	9	13	18	38
26.03.	14	38	14	3	5	0	27	250
29.03.	26	3	5	17	33	4	4	105

Behandlungseinheit 2

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Wasch- becken
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	
25.02.	5	10	7	12	1	1	11	
01.03.	28	44	63	46	38	67	26	9.820
03.03.	15	29	34	19	7	37	23	559
08.03.	35	41	16	25	12	28		17
12.03.	34	20	24	28	31	35	52	676
15.03.	70	43	64	26	52	57	17	35
19.03.	88	17	69	92	59	79	83	291
22.03.	79	86	67	46	52	98	85	41
26.03.	340	142	280	125	53	245	455	21
29.03.	76	28	49	122	19	21	65	13

Behandlungseinheit 3

Probennahme- datum	Arztseite					Helferin- seite	Wasser- einheit	Wasch- becken
	Luft- Wasser- Spritze	Turbine	Mikro- motor 1	Mikro- motor 2	ZEG	Luft- Wasser- Spritze	Becher- füller	
25.02.	264	94	245	527	200	1.990	8.640	
01.03.	4.450	8.090	8.270	3.270	1.380	11.700	22.300	2.800
03.03.	5.090	1.380	336	591	2.120	273	3.730	536
08.03.	21	8	27	17	26	9	27	57
12.03.	14	1	11	4	4	1	1	46
15.03.	15	5	6	8	15	30	20	99
19.03.	62	36	46	43	40	48	45	148
22.03.	15	16	64	10	35	58	16	104
26.03.	0	13	0	8	1		5	150
29.03.	6	16	5	5	7	14	5	97

9.2.2 Nachweis von Legionellen

Tabelle 9-11: Behandlungseinheit 1: Zahl der Legionellen in KBE/100 ml

Probenahme- datum	Arztseite												Helferinseite			Wassereinheit			Waschbecken warm					
	Luft-Wasser- Spritze			Turbine			Mikromotor 1			Mikromotor 2			ZEG			Luft-Wasser- Spritze						Becherfüller		
	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E				DA	MF	E
01.03.	0	247	247 ^A	1.100	1000	1100 ^A	0	670	670 ^A	0	98	98 ^A	0	225	225 ^A	0	108	108 ^A	200	75	200 ^A	0	0	0
04.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08.03.	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	1	1 ^A	0	0	0	0	0	0	0	0	
15.03.	0	6	6 ^A	0	4	4 ^A	0	1	1 ^A	0	1	1 ^A	0	7	7 ^A	0	2	2 ^A	0	3	3 ^A	0	0	0
22.03.	0	19	19 ^B	800	200	800 ^B	1000	103	1000 ^B	0	0	0	0	3	3 ^B	0	5	5 ^B	100	5	100 ^B	0	0	0
29.03.	0	2	2 ^B	0	10	10 ^B	defekt			0	1	1 ^B	0	4	4 ^B	0	1	1 ^B	0	3	3 ^B	0	0	0
05.04.	0	0	0	0	2	2 ^B	0	2	2 ^B	0	0	0	0	2	2 ^B	0	4	4 ^B	0	200	200 ^B	0	0	0
13.04.	0	0	0	0	3	3 ^A	defekt			0	1	1 ^A	0	0	0	0	0	0	100	1	100 ^A	0	0	0
19.04.	0	0	0	0	1	1 ^A	0	0	0	0	0	0	0	1	1 ^A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.05.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	>200	2	200 ^A	
01.06.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10 ^A	0	10	10 ^A	0	0	0	0	0	0
21.06.	0	0	0	0	3	3 ^A	0	5	5 ^A	0	2	2 ^A	0	1	1 ^A	defekt			0	3	3 ^A	0	0	0
12.07.	0	2	2 ^A	0	0	0	0	10	10 ^A	0	1	1 ^A	0	0	0	0	0	0	200	6	200 ^A	0	0	0
02.08.	0	0	0	0	3	3 ^A	1200	17	1200 ^A	0	15	15 ^A	100	12	100 ^A	0	5	5 ^A	0	0	0	0	0	0
23.08.	0	1	1 ^A	0	1	1 ^A	0	1	1 ^A	0	1	1 ^A	0	0	0	0	5	5 ^A	0	4	4 ^A	0	0	0
13.09.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1 ^A	
04.10.	0	3	3 ^A	100	0	100 ^B	0	2	2 ^A	0	0	0	200	1	200 ^A	0	4	4 ^A	0	8	8 ^A	0	0	0
25.10.	200	0	200 ^A	200	15	200 ^A	0	11	11 ^A	100	2	100 ^A	0	6	6 ^A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06.12.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27.12.	0	17	17 ^B	5	0	5 ^B	0	12	12 ^B	0	3	3 ^B	0	4	4 ^B	100	5	100 ^B	0	2	2 ^B	0	0	0

A – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-6

B – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-14

DA – Ergebnis des Direktansatzes in KBE/100 ml

MF – Ergebnis der Membranfiltration in KBE/100 ml

E – Gesamtzahl der Legionellen in KBE/100 ml

Tabelle 9-12: Behandlungseinheit 2: Zahl der Legionellen in KBE/100 ml

Probenahme- datum	Arztseite												Helferlinseite		Wassereinheit			Waschbecken warm							
	Luft-Wasser-Spritze			Turbine			Mikromotor 1			Mikromotor 2			ZEG			Luft-Wasser- Spritze			Becherfüller						
	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF		E	DA	MF	E			
01.03.	0	0	0	100	1	100 ^A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1 ^A	0	0	0	
04.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	defekt			0	0	0
15.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 ^A	
22.03.	2700	0	2700 ^B	300	0	300 ^B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1 ^B
29.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05.04.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.04.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19.04.	0	0	0	0	0	0	0	1	1 ^A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10.05.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01.06.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25 ^A	
21.06.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30 ^A	
12.07.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25 ^A	
02.08.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	48	100 ^A	
23.08.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	61 ^A	0	59	59 ^A	
13.09.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	103	200 ^A	
04.10.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	58 ^A	
25.10.	100	0	100 ^A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	57 ^A	
15.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	16	200 ^A	
06.12.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	46 ^B	
27.12.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27 ^B	0	

A – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-6B – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-14

DA – Ergebnis des Direktansatzes in KBE/100 ml

MF – Ergebnis der Membranfiltration in KBE/100 ml

E – Gesamtzahl der Legionellen in KBE/100 ml

Tabelle 9-13: Behandlungseinheit 3: Zahl der Legionellen in KBE/100 ml

Probenahme- datum	Arztseite													
	Luft-Wasser-Spritze			Turbine			Mikromotor 1			Mikromotor 2			ZEG	
	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF
01.03.	0	17	17 ^A	600	850	850 ^A	4.000	1.730	4.000 ^A	2.300	740	2.300 ^A	1.000	670
04.03.	0	35	35 ^A	40.000	51	40.000 ^A	0	18	18 ^A	40.000	75	40.000 ^A	40.000	108
08.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.04.	0	0	0	1.600	0	1.600 ^C	0	0	0	100	0	100 ^C	0	0
13.04.	1.500	0	1.500 ^C	200	0	0	100	0	100 ^C	0	0	0	0	0
19.04.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
10.05.	0	0	0	100	0	100 ^C	0	0	0	0	0	0	0	0
01.06.	0	0	0	300	0	300 ^C	200	0	200 ^C	0	0	0	1.500	0
21.06.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.07.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.08.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.08.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.09.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.10.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.10.	0	0	0	0	0	0	defekt			0	0	0	0	0
15.11.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.12.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27.12.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-6

DA – Ergebnis des Direktansatzes in KBE/100 ml

B – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-14

MF – Ergebnis der Membranfiltration in KBE/100 ml

C – Nachweis von *Legionella spp.*

E – Gesamtzahl der Legionellen in KBE/100 ml

Fortsetzung Tabelle 9-13 Behandlungseinheit 3: Zahl der Legionellen in KBE/100 ml

Proben- nahmedatum	Helfereinseite			Wassereinheit			Waschbecken warm		
	Luft-Wasser-Spritze			Becherfüller					
	DA	MF	E	DA	MF	E	DA	MF	E
01.03.	400	310	400 ^A	0	2.090	2.090 ^A	0	>200	>200 ^A
04.03.	40.000	112	40.000 ^A	40.000	138	40.000 ^A	0	138	138 ^A
08.03.	0	0	0	0	0	0	0	7	7 ^A
15.03.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.03.	0	0	0	0	0	0	0	7	7 ^B
29.03.	0	10	10 ^B	0	0	0	0	1	1 ^B
05.04.	100	0	100 ^C	0	0	0	0	2	2 ^B
13.04.	0	0	0	0	0	0	0	1	1 ^A
19.04.	100	0	100 ^C	0	0	0	0	0	0
10.05.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.06.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.06.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.07.	0	0	0	0	0	0	0	20	20 ^A
02.08.	0	0	0	0	0	0	0	1	1 ^A
23.08.	defekt			0	0	0	0	0	0
13.09.	defekt			0	0	0	0	2	2 ^A
04.10.	defekt			0	0	0	0	1	1 ^A
25.10.	defekt			0	0	0	0	0	0
15.11.	defekt			0	0	0	0	0	0
06.12.	defekt			0	0	0	0	0	0
27.12.	defekt			0	0	0	0	0	0

A – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-6B – Nachweis von *Legionella pneumophila* der Serogruppen 2-14C – Nachweis von *Legionella spp.*

DA – Ergebnis des Direktansatzes in KBE/100 ml

MF – Ergebnis der Membranfiltration in KBE/100 ml

E – Gesamtzahl der Legionellen in KBE/100 ml

9.2.3 Nachweis von *P. aeruginosa*

In den drei Dentaleinheiten konnten zu keinem Zeitpunkt der Untersuchungen *P. aeruginosa* in den Proben nachgewiesen werden.

9.2.4 Nachweis von *E. coli* und coliformen Keime

Bei der Beprobung der Behandlungseinheit 1 wurden am 01.03.2004 5 coliforme Keime in KBE/100 ml in der Probe der Turbine nachgewiesen.

In den Behandlungseinheiten 2 und 3 wurden im Laufe der Untersuchungen in keiner Probe *E. coli* oder coliforme Keime nachgewiesen.

10 Thesen

1. Seit der Einführung von Kühlsystemen für zahnärztliche Behandlungseinheiten wird das Problem der mikrobiellen Belastung des Betriebswassers in der Literatur beschrieben. Trotz zahlreicher Versuche, mit Hilfe chemischer und physikalischer Verfahren die z.T. massiven Kontaminationen mit pathogenen oder fakultativ pathogenen Mikroorganismen zu reduzieren, existiert zurzeit noch kein hinreichend praktikables Konzept für die dauerhafte Sanierung im Praxisbetrieb.
2. Die Fähigkeit zur Plaque- bzw. Biofilmbildung verschiedener Bakterienarten sowie die betriebsbedingten Stagnationsphasen im Leitungssystem, dessen Oberflächen ein ideales Nährstoffangebot darstellen, ergeben in der Gesamtheit ein Biotop für das Überleben und Vermehren diverser Mikroorganismen.
3. Insbesondere gramnegative Stäbchenbakterien, wie z.B. Pseudomonaden, Legionellen oder coliforme Arten sind als Wasserkontaminanten bekannt und können über den Sprühnebel in Form eines bakterienhaltigen Aerosols, durch Verschlucken von Kühlwasser oder durch direkte Inokulation in intraoralen Wunden ein Infektionsgeschehen verursachen.
4. Unsere Untersuchungen hatten in einem ersten Studienteil das Ziel, die Wirksamkeit und Handhabbarkeit eines neuen inline Filters im Rahmen eines praxisnahen Modellversuches zu prüfen.
5. Das hygienisch-mikrobiologische Testergebnis erbrachte den Beleg, dass auch bei primär massiv belastetem Kühl- und Betriebswasser über 3-4 Tage Trinkwasserqualität im Sinne des Grenzwertes für die Koloniezahl gemäß Trinkwasserverordnung (2001) erzielt werden konnte.
6. Methodisch kritisch erwies sich die Tatsache, dass es auf Grund eines im Betrieb reduzierten Durchflusses des Kühlwassers häufig notwendig wurde, den Filter zu wechseln. Für den praktischen Einsatz ergibt sich daraus die Notwendigkeit eines mindestens arbeitstäglichen, ggf. sogar häufigeren Wechsels.

7. Die Handhabbarkeit der mit inline Filtern bestückten Schläuche erwies sich als durchaus problematisch; die im simulierten Einsatz benutzten Instrumente wurden von Seiten der Nutzer (Studenten des Prothetik-Kurses I) als zu schwer und zu wenig beweglich bezeichnet.
8. Die Gesamtschau der erhobenen Daten zum inline Filter für zahnärztliche Behandlungseinheiten ergibt eine im hygienisch-mikrobiologischen Resultat hervorragende Wirksamkeit des Filters selbst, auf Grund ungelöster Probleme im praktischen Einsatz kann jedoch keine Praxisreife bestätigt werden.
9. In einem zweiten Studienteil wurden fabrikneue Dentaleinheiten in einer zahnärztlich-chirurgischen Ambulanz auf die unmittelbar nach Installation und auch im weiteren Betriebsverlauf vorhandene mikrobielle Belastung des Kühl- und Betriebswassers untersucht.
10. Über einen Zeitraum von 10 Monaten konnte die primär vorhandene Belastung von bis zu 7090 KBE/ml durch Sanierung mit dem herstellerseitig empfohlenen Produkt auf H₂O₂-Basis sowie durch Ablaufenlassen des Betriebswassers über jeweils 2 min vor Arbeitsbeginn bis auf wenige Ausnahmen auf Trinkwasserqualität gehalten werden.
11. *Legionella spp.* konnte trotz der laufenden Sanierungsmaßnahmen über einen Zeitraum von 10 Monaten nicht eliminiert werden, was auf die mangelhafte Wirksamkeit des H₂O₂-Präparates gegenüber Legionellen zurückzuführen ist.
12. Die aus der Literatur bekannte Resistenz von Legionellen gegenüber chemischen Desinfektionsmitteln gibt Anlass, zusätzliche physikalische Verfahren einzusetzen. Diese sollten – nicht zuletzt auf Grund der negativen Erfahrungen mit endständig eingesetztem inline Filter im ersten Studienteil – eher an zentraler Stelle der Behandlungseinheit eingesetzt werden. Diese neue Aufgabenstellung an die Dentaleinheiten produzierende Industrie kam bis zum heutigen Tag jedoch noch nicht zur praktischen Umsetzung.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Wiebke Kraut

Geburtsdatum: 30.05.1979

Geburtsort: Lutherstadt Wittenberg

Eltern: Edith Kraut
Manfred Kraut

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: ledig

Adresse: Johann-Andreas-Segner-Straße 8
06108 Halle

Schulbildung:

1985-1991 Polytechnische Oberschule in Klieken

1991-1997 Albert-Schweitzer Gymnasium in Coswig/Anhalt
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife (1997)

Studien und Abschlüsse:

1997-2002 Studium der Zahnmedizin an der Martin-Luther-Universität
Halle/Wittenberg

23.10.2002 Abschluss des Zahnmedizinstudiums mit der Zahnärztlichen
Prüfung

18.12.2002 Approbation als Zahnärztin

seit Okt. 2002 Studium der Medizin an der Martin-Luther-Universität
Halle/Wittenberg

Sept. 2003 Ärztliche Vorprüfung

seit Aug. 2006 Studentin im Praktischen Jahr

voraussichtlich Herbst 2007 Ärztliche Prüfung

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt zu haben.

Dabei habe ich mich keiner anderen als der von mir angegebenen Quellen und Hilfen bedient.

Halle, den 18.09.2006

Eigene Publikationen

Poster:

Schneider C, Kraut W, Dürr M, Schmitt B, Okpara J, Setz J, Borneff-Lipp M Untersuchungen zu Wirksamkeit eines inline Filters für zahnärztliche Behandlungseinheiten.

53. Jahrestagung der DGHM, Aachen 30.9.-04.10.2001

Zitierfähiges Abstract:

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

Erklärung über frühere Promotionsversuche

Hiermit erkläre ich, bisher an keiner in- oder ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt zu haben.

Halle, den 18.09.2006

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei

Frau Prof. Dr. Borneff-Lipp, Direktorin des Institutes für Hygiene der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, für die freundliche Unterstützung mit Anregung, Rat und Tat in jeder Phase der Promotion und besonders für die konstruktive Kritik während der Niederschrift der Arbeit;

Herrn Prof. Dr. Haerting, Direktor des Institutes für medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, für die Hinweise bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse;

Herrn Dürr, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für Hygiene, für die fachliche Anleitung bei den Versuchen sowie der Auswertung der Daten und ganz besonders für die Geduld bei der Beantwortung diverser Software-Fragen;

Herrn Schneider, ehemals wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für Hygiene, für die gemeinsame Arbeit an unserem Poster und dem Abstract;

Frau Schmitt, die mir die wichtigsten Grundlagen der Laborarbeit vermittelte sowie allen Mitarbeiterinnen des Krankenhaushygiene-Labors, die mir immer große Hilfen bei der praktischen Arbeit im mikrobiologischen Labor waren;

und meinen Eltern, die mir nicht nur meine sehr umfangreiche Ausbildung ermöglichen, all meine Vorhaben unterstützen und an die ich mich in allen Situationen meines Lebens vertrauensvoll wenden kann.