

**Aus dem Institut für Hygiene der Medizinischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg**

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

**Praxistest eines endständigen Membranfilters für zahnärztliche
Behandlungseinheiten unter verschiedenen geräteseitigen
Ausgangsbedingungen**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Sandra Berger

geboren am 10. Februar 1987 in Meerane

Gutachter/Gutachterin:

Prof. M. Borneff-Lipp (Halle/ Saale)

Prof. H.-G. Schaller (Halle/ Saale)

Prof. L. Jatzwauk (Dresden)

Datum der Eröffnung: 14.01.2014

Datum der Verteidigung: 14.01.2015

Referat

Bereits 1963 berichteten Blake et al. über das Problem der Keimbelastung in wasserführenden Systemen von Dentaleinheiten. Spätere Studien bestätigten diese ersten Ergebnisse und wiesen vorrangig auf das Problem der Belastung mit Legionellen, Pseudomonaden und Mykoplasmen hin (Exner, 1981; Reinthaler und Mascher, 1986; Borneff, 1986, 1989; Rowland und Voorhessville, 2003). Bisher erprobte Verfahren hinsichtlich Desinfektionsmaßnahmen blieben wegen des bestehenden Biofilms ohne erwünschten Effekt. Somit wurden zusätzliche Maßnahmen nötig.

Die hier vorliegende Feldstudie untersuchte in einem ersten Studienteil die Wirksamkeit von in neueren Behandlungseinheiten (< 10 Jahre Betriebszeit) installierten Inline-Filtern der Firma Aqua free. Hierzu wurden Proben jeweils vor und nach Filtration an den Instrumentenausgängen von Mikromotor links und rechts, Turbine, Zahnsteinentfernungsgerät sowie Luft-Wasser-Spray der Arzt- und Helferinnenseite auf Legionellen, Koloniezahl sowie Pseudomonaden untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass nach Filtration die vom RKI empfohlenen Grenzwerte für Legionellen und Pseudomonaden stets eingehalten werden konnten und somit auch den Vorgaben der Trinkwasserverordnung (2001) entsprachen.

In einem zweiten Studienteil wurden ältere Behandlungseinheiten (> 10 Jahre Betriebszeit) nach Installation der Inline-Filter untersucht. Es konnte zunächst gezeigt werden, dass eine deutlich höhere Ausgangskontamination besteht. Die Wirksamkeit der Filter hinsichtlich des Keimreduktionspotenzials für Legionellen und Pseudomonaden konnte trotz unregelmäßiger Sanierungen und ungünstigerer Ausgangsbedingungen auch an diesen Einheiten gezeigt werden. Jedoch entsprachen die Grenzwerte der Koloniezahl nicht den Grenzwerten des RKI (2006). Vermutlich ist dieser Umstand auf eine retrograde Kontamination zurückzuführen, da die Filter nicht endständig zu montieren sind, und somit der Leitungsabschnitt zwischen Filter und Geräteausgang erneuten Kontaminationen ausgesetzt sein kann.

Dieser Umstand belegt die Notwendigkeit, stets eine Kombination aus sowohl chemischen als auch physikalischen Maßnahmen anzuwenden. Nur mit der Verwendung beider Verfahren konnten akzeptable Messwerte hinsichtlich Keimreduktion von Legionellen, Pseudomonaden und Koloniezahl erreicht werden. Das Problem, dass Filter nicht endständig montiert werden können, sollte in folgenden Studien aufgegriffen und Lösungsansätze erarbeitet werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	01
2	Zielstellung	05
3	Material und Methode	06
3.1	Technische Voraussetzungen	06
3.1.1	Behandlungseinheiten	06
3.1.2	Filtersysteme	09
3.2	Probenahme	10
3.2.1	Beprobung des Betriebswassers der Behandlungseinheiten	10
3.2.2	Beprobung des zugeführten Trinkwassers	11
3.3	Bakteriologische Wasseruntersuchungen	13
3.3.1	Bestimmung der Koloniezahl	13
3.3.2	Nachweis von <i>P. aeruginosa</i>	15
3.3.3	Nachweis von <i>Legionella spp.</i>	19
4	Ergebnisse	22
4.1.	Untersuchungsumfang	22
4.2	Auswertung der bakteriologischen Untersuchungen	22
4.2.1	Koloniezahl	22
4.2.2	Untersuchung auf <i>P. aeruginosa</i>	23
4.2.3	Untersuchung auf Legionellen	23
4.2.4	Auswertung Behandlungseinheit 1 (Sirona® C 2+)	24
4.2.5	Auswertung Behandlungseinheit 2 (Sirona® C 2+)	26
4.2.6	Auswertung Behandlungseinheit 3 (Sirona® C 2+)	28
4.2.7	Auswertung Behandlungseinheit 4 (Sirona® M1)	30
4.2.8	Auswertung Behandlungseinheit 5 (KaVo Systematica® 162T)	32
4.2.9	Gerätespezifische Auswertung der Ergebnisse	34
4.2.10	Gesamtauswertung der Nach-Filter-Proben	35

4.3	Ergebnisse der Vor- und NachFilter-Proben	35
4.4	Statistische Auswertung der Ergebnisse	36
5	Diskussion	37
5.1	Keimbelastung von Dentaleinheiten	37
5.2	Chemische Maßnahmen	38
5.3	Physikalische Maßnahmen	39
5.4	Kombinierte chemische und physikalische Maßnahmen	40
6	Zusammenfassung	42
7	Anlagen	45
7.1	Direktansatz Legionellen	
7.2	Membranfiltration Legionellen	
7.3	Membranfiltration Pseudomonaden	
7.4	Koloniezahlbestimmung bei $26 \pm 2^\circ\text{C}$	
7.5	Koloniezahlbestimmung bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$	
7.6	Flussraten bei Filterinstallation	
7.7	Statistische Auswertung der Ergebnisse	
8	Literaturverzeichnis	
9	Thesen	
	Lebenslauf	
	Selbstständigkeitserklärung	
	Erklärung über frühere Promotionsversuche	
	Danksagung	

Verzeichnis über Abkürzungen

A	Arztseite
Abb.	Abbildung
BCYE-Agar	Buffered Charcoal Yeast Extract Agar
BGBI.	Bundesgesetzblatt
DIN	Deutsches Institut für Normung
„down-stream“	Bereich des wasserführenden Systems nach Passage des Filters
<i>E.</i>	<i>Escherichia</i>
ggf.	gegebenenfalls
GVPC - Agar	Glycin-Vancomycin-Polymyxin B-Cycloheximid-Agar
H	Helferinnenseite
KBE/ml	Koloniebildende Einheiten pro Milliliter
KRINKO	Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
<i>L.</i>	<i>Legionella</i>
li	links
LuWa	Luft-Wasser-Spritze
ml	Milliliter
MM	Mikromotor
<i>P.</i>	<i>Pseudomonas</i>
re	rechts
RKI	Robert Koch-Institut
<i>spp.</i>	<i>Subspezies</i>
TinkwV	Tinkwasserverordnung
Turb	Turbine
u.a.	unter anderem
„up-stream“	Bereich des wasserführenden Systems vor Filtration
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
ZEG	Zahnsteinentfernungsgerät

1 Einleitung

Blake et al. berichteten schon 1963 über das generelle Problem der Keimbelastung in wasserführenden Systemen von Dentaleinheiten. Spätere Studien bestätigen diese ersten Ergebnisse und wiesen z. B. auf das Vorkommen von Legionellen, Pseudomonaden sowie Mykoplasmen hin (Exner et al., 1981; Reinthaler und Mascher, 1986; Borneff, 1986, 1989; Rowland und Voorheesville, 2003). Eine ausführliche Übersicht zur relevanten Literatur findet sich bei Kraut (2006).

Zum Schutz der Patienten führte die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) zur „Infektionsprävention in der Zahnheilkunde“ Infektionsrisiken, Hygienemaßnahmen sowie Kontaminationsmöglichkeiten auf, welche bisher durch viele Studien belegt wurden (vgl. Kraut, 2006). Die empfohlenen Maßnahmen sollen eine Minimierung der Übertragung von Krankheitserregern herbeiführen. Diese Übertragungen können über mehrere Wege stattfinden: Zum einen sind Patienten der Kontamination durch direkten Kontakt mit Blut, Speichel oder anderen Sekreten ausgesetzt, andererseits erfolgen indirekte Übertragungswege über kontaminierte Hand- und Winkelstücke, Aerosole, zahntechnische Materialien oder Hände des Personals.

Laut Trinkwasserverordnung (2001) gelten strenge Bestimmungen, dass ausschließlich Wasser mit Trinkwasserqualität in Zahnarzteinheiten eingespeist werden darf. Für die Gesamtkeimzahl beläuft sich dieser Wert auf < 100 KBE/ml, für *Escherichia (E.) coli* bzw. coliforme Bakterien auf 0 KBE/ml. Weiterhin legte das RKI (2006) einen Grenzwert für Legionellen von < 1 KBE/ml und für Pseudomaden < 1 KBE/100 ml fest. Verschiedene Autoren, wie z.B. Barbeau et al. (1998) und Williams et al. (1995) wiesen Koloniezahlen bis 10^6 KBE/ml nach.

Mehrere begünstigende Faktoren wurden für diesen Zustand verantwortlich gemacht. Zum einen wurde häufig auf den Verbau sehr englumiger und langer Bohrleitungen verwiesen, so dass eine kleine Menge Wasser eine sehr große innere Oberfläche passiert (Walker und Marsh, 2004; Kistemann et al., 2011). Durch die günstige Oberflächenstruktur von Polyurethan und PVC und den im Trinkwasser enthaltenem Calciumcarbonat, finden Mikroorganismen via Fimbrien eine günstige Möglichkeit, an inneren Oberflächen zu adhären und Biofilme auszubilden (Colbourne et al., 1984).

Dieser Biofilm ist durch Exopolysaccharide optimal gegen schädliche Einflüsse, unter anderem auch Desinfektionsmittel geschützt; die lipidreiche Zellschicht verhindert außerdem ein Austrocknen über lange Zeit. Es besteht eine Symbiose aus Bakterien,

Pilzen, Nematoden, Algen und Protozoen, welche durch Wasserkanäle mit Nachbarbiofilmen in Verbindung stehen. Als weitere Begünstigung für das Fortbestehen eines Biofilmes wird der laminare Fluss beschrieben. Durch zunehmende Reibung belaufen sich die Scherkräfte in der Nähe des Biofilmes nahezu gegen Null. (Rowland und Voorheesville, 2003). Es wurde in diversen Studien beschrieben, dass nur sehr wenig Wasser für die Behandlung eines Patienten Verwendung findet. Walker und Marsh (2000, 2004) und Kumar et al. (2010) berichteten, dass nur 5 ml Wasser pro Patient, also 150 ml/d die Rohrleitungen passieren. Mit zusätzlichem Spülen zwischen 2 Patienten beläuft sich das Volumen auf 300 ml/d. Dieser Aspekt ist als weiterer Faktor zur Förderung des Fortbestehens eines Biofilmes wirksam.

Weitere Bedingungen für die von Williams et al. (1994) und Barbeau et al. (1998) beschriebenen Koloniezahlen sind unter anderem die Erwärmung des Wassers in der Einheit, lange Stagnationszeiten an Wochenenden und Feiertagen sowie Toträume und Reservoirs, in denen das Wasser nur langsam ausgetauscht wird.

Ein zusätzlicher exogener Eintrag von Bakterien kann durch die mikrobielle Mundhöhlenflora erfolgen. Die Übertragungsinstrumente verfügen über so genannte Rücksaugmechanismen, damit nach dem Beenden einer Behandlung kein Wasser nachtropft. Somit kann es zur retrograden Kontaminationen mit Mikroorganismen aus der Mundhöhle des Patienten kommen (Gräf und Vollmuth, 1977). Bakterien können sich zudem im bereits vorhandenen Biofilm ansiedeln.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde die Installation von sogenannten Antiretraktionsventilen (Rücksaughemmventile) von Seiten der Dentalhersteller initiiert, welche die Kontamination auf ein Minimum begrenzen sollen (vgl. Montebugnoli et al., 2004; Walker und Marsh, 2004; Kumar et al., 2010; Kistemann et al., 2011). Jedoch ist auch heute davon auszugehen, dass geringe Volumina die Antiretraktionsventile passieren. Als weiterer exogener Eintrag, jedoch weniger bedeutsam, wurden Arbeiten an wasserführenden Systemen durch Techniker diskutiert (Kistemann et al., 2011).

Als besonders kritisch wurde das Problem der Belastung der wasserführenden Systeme mit Legionellen beschrieben (Borneff, 1986; Reinthaler und Mascher, 1986; Rowland und Voorheesville, 2003; Kistemann et al., 2011; Singh und Coogan, 2005). Amöben, welche sich ebenfalls im Trinkwasser befinden, dienen als Wirt und Schutz der Legionellen vor schädlichen äußeren Einflüssen, wie z.B. Desinfektionsmittel und Spülvorgänge (Michel und Borneff, 1989). Blake (1963) und Kistemann (2011) konnten belegen, dass Praxispersonal und Zahnärzte höhere Antikörpertiter

hinsichtlich Legionellen aufweisen, als nicht im Gesundheitswesen Tätige (vgl. auch Reinthaler et al., 1988).

Das RKI (2006) verweist in diesem Zusammenhang auch auf das Dosis-Wirkungs-Paradoxon: Trotz Legionellen-kontaminierter Wassersysteme können Infektionen ausbleiben, im Gegensatz hierzu können Infektionen bereits durch minimale Konzentrationen im Wasser ausgelöst werden. Für immunkompetente Patienten liegt in den meisten Fällen keine Gefährdung vor. Jedoch nimmt die Zahl immunsupprimierter, älterer Patienten und Diabetiker zu, die erfahrungsgemäß einer höheren Gefährdung unterliegen können (vgl. Barbeau et al., 1998; Terzian und Schneider, 2008). In diesem Zusammenhang ist hier auch die Behandlung an Leukämie erkrankter Kinder zu benennen, welche vor einer geplanten Chemotherapie eine Zahnsanierung erfahren müssen. Ebenfalls als Risikogruppe zu benennen sind Patienten mit Mukoviszidose. Für diese Patienten können auch niedrige Erregerzahlen und für immunkompetente Patienten nicht zwangsläufig pathogene Bakterien (z.B. *P. aeruginosa*) zu Infektionen führen.

Borneff (1989) berichtete ebenfalls über ein Infektionsrisiko für gesunde Menschen bei hohen Legionellenkonzentrationen oder bei Belastungen mit *P. aeruginosa* (Borneff, 1986). In der Literatur wurde bislang zweimal über den Tod eines Zahnarztes berichtet. (Rowland und Voorheesville, 2003; Kistemann et al., 2011). 2012 wurde erstmals der Tod einer Patientin mit legionellenbelasteten Kühlwasser in Verbindung gebracht (Ricci et al., 2012).

Um die Keimbelastung in den internen Wasserleitungssystemen der Behandlungseinheiten zu reduzieren, gab es in der Vergangenheit bereits mehrere Versuchsansätze: Zum einen wurde regelmäßiges Spülen zwischen zwei Patienten oder das Ablufenlassen des Wassers nach längeren Stagnationszeiten in mehreren Studien untersucht. Des weiteren führte man regelmäßige Desinfektionsvorgänge mit Aldehyden, Chlor, Wasserstoffperoxid sowie Silber- und Phosphorsäurepräparate durch.

Nachteilig zeigten sich dabei schädliche Auswirkungen auf Patienten, hinsichtlich lokaler Reizungen der Mundschleimhaut oder Allergierisiken, sowie korrosive Nebenprodukte, welche zahnärztliche Werkstoffe oder Materialien der Behandlungseinheit schädigten (Montebugnoli et al., 2004; Kumar et al., 2010).

In Modellversuchen konnten Walker et al. (2003) zeigen, dass Biofilme zum einen neue Einheiten innerhalb einer Woche besiedeln können oder dass sich nach fast

vollständiger Entfernung in benutzten Einheiten innerhalb kurzer Zeit erneut Biofilme ausbilden.

Die Autoren gehen davon aus, dass Desinfektion als alleinige Maßnahme nicht ausreicht, um Trinkwasserqualität hinsichtlich Koloniezahlen zu erreichen.

Somit erscheint der Einsatz von physikalischen Verfahren in Kombination mit chemischen Maßnahmen sinnvoll und soll in der hier vorliegenden Feldstudie näher untersucht werden.

2 Zielstellung

Ziel dieser Studie war es, im Rahmen eines Feldversuchs eine ökonomische, wenig aufwendige und nicht gesundheitsgefährdende Maßnahme zu prüfen, unter welchen Bedingungen die vorgegebenen Grenzen für Legionellen, Pseudomonaden und der Koloniezahl in wasserführenden Systemen von Behandlungseinheiten (vgl. RKI 2006) einhaltbar sind.

Im Einzelnen sollte die Wirksamkeit eines endständig zu montierenden Membranfilters in Kombination mit den gerätespezifischen installierten Desinfektionsverfahren hinsichtlich des Keimreduktionspotentials für:

- Legionellen
- Pseudomonaden
- Koloniezahl bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$ und bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$

im Betriebswasser verschiedener Behandlungseinheiten unter Praxisbedingungen geprüft werden.

Insbesondere sollte der Einfluss des Betriebsalters und der Betriebszeiten sowie ein Vergleich unterschiedlicher Baureihen verschiedener Hersteller im laufenden Betrieb eines Klinikums der Maximalversorgung erfolgen.

3 Material und Methode

Die Feldstudie wurde an insgesamt fünf Behandlungseinheiten im laufenden Betrieb eines Klinikums der Maximalversorgung durchgeführt.

Die Studie wurde in zwei Phasen gegliedert. In einem ersten Studienteil wurden die Behandlungseinheiten mit < 10 Jahren Betriebszeit (Phase 1) und in einem zweiten mit > 10 Jahren Betriebszeit (Phase 2) untersucht.

3.1 Technische Voraussetzungen

3.1.1 Behandlungseinheiten

In Phase 1 der Studie dienten drei baugleiche Einheiten (Sirona[®]) einer kieferchirurgischen Ambulanz als Beispiel „neuerer“ Einheiten (Sirona[®] C2+, Hersteller Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, 2003, < 10 Jahre Betriebszeit – im folgenden “Neueinheiten“).

In Phase 2 wurden zwei Einheiten einer Kinderzahnklinik (KaVo Systematica[®] 162T, Sirona[®] M1, Hersteller KaVo Dental GmbH, Biberach, Riß, 1995, > 10 Jahre Betriebszeit) als Beispiele „älterer“ Einheiten (im folgenden “Alteinheiten“) untersucht.

Die Einheiten wurden aus derselben Stadtwasserversorgung gespeist, sie unterschieden sich jedoch deutlich hinsichtlich der Nutzungsfrequenz (arbeitstägliche regelmäßige Nutzung in der kieferchirurgischen Ambulanz, sporadische, nicht arbeitstägliche Nutzung der kinderzahnärztlichen Einheiten).

Um den Aspekt unterschiedlich oder nicht aufbereiteter Hand- und Winkelstücke auszuschließen, wurden die Versuche an den Instrumentenausgängen ohne Aufsätze an Mikromotoren, Turbinen, Zahnsteinentfernungsgeräten und Luft-Wasser-Spritzen durchgeführt.

Alle drei zahnärztlichen Behandlungseinheiten der kieferchirurgischen Ambulanz 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[®] als sogenannte Permanentdesinfektion gemäß Herstellerangaben hinzugefügt wurde. Es fand zusätzlich eine monatliche „Sanierung“ am Wochenende mit dementsprechenden Verfahren an allen drei Dentaleinheiten statt.

Die kinderzahnärztlichen Einheiten erfuhren eine permanente Zudosierung von Dentosept (s.o.) für die Einheit Sirona® M1, bei der Einheit KaVo Systematica® 162T handelte es sich um Oxygenal (Biberach KaVo Dental GmbH, Biberach, Riß) bzw. Dekaseptol Gel (KaVo Dental GmbH, Biberach, Riß, Ecolab GmbH & Co, Düsseldorf).



Abb. 1: Beispiel einer Behandlungseinheit Sirona[®] C2+ (Baujahr 2003)



Abb. 2: Beispiel einer Behandlungseinheit Sirona[®] M1 (Baujahr 1995)

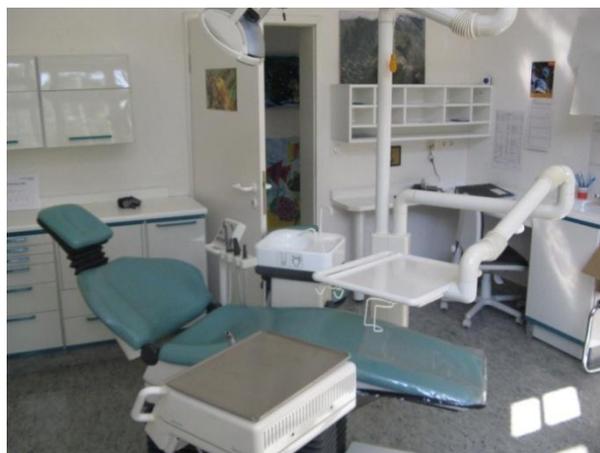


Abb. 3: Beispiel einer Behandlungseinheit KaVo Systematica[®] 162T (Baujahr 1996)

3.1.2 Filtersysteme

An allen in die Studie einbezogenen Behandlungseinheiten wurden in die das Betriebswasser zuführende Schlauchsysteme endständige Filter „inline“ eingebaut.

Hierzu war es notwendig, speziell für den Filtereinbau konzipierte Schläuche gegen die üblicherweise vorhandenen Schlauchsysteme auszutauschen. Die Filter selbst wurden anhand eines Luer-Lock-Verschlusses in die Wasserführung des Bypasses eingepasst.

Es handelt sich um endständige Filter des Typs Germlyser[®] ENT (s. Abb. 4) der Firma Aqua free Membrane Technology GmbH, Hamburg. Die nominale Porengröße liegt bei 0,2 µm mit einer Durchflussrate von mindestens 0,5 l/min.

Mittels Luer-Lock-Anschlüssen werden diese Filter in die Wasserführung der Schläuche eingesetzt, ein Vorgang, der problemlos vom Pflegepersonal durchzuführen und somit in der täglichen Praxissituation anwendbar ist. Die Laufzeit der Filter wird vom Hersteller mit 12 Wochen angegeben.



Abb. 4: Germlyser[®] ENT-Filters (Aqua free Membrane Technology GmbH, Hamburg)

3.2 Probenahme

3.2.1 Beprobung des Betriebswassers der Behandlungseinheiten

Insgesamt wurden 437 Proben an 13 Probenahmetagen aus fünf Behandlungseinheiten (Mundglasbefüller eingeschlossen) entnommen. An den Behandlungseinheiten der Kieferchirurgie wurden je 6 Instrumentenausgänge vor und nach Filtration des Wassers sowie der Mundglasbefüller beprobt. Ebenfalls untersuchte man bei jeder Einheit eine Kaltwasserprobe aus dem Handwaschbecken.

Im Einzelnen handelt es sich bei den Instrumenten um:

- Mikromotor links und rechts
- Turbine
- Zahnsteinentfernungsgerät
- Luft-Wasser-Spritze an jeweils der Arzt- und Helferinnen-Seite.

Bei den "Neueinheiten" fielen somit pro Probenahmetag 39 (6 Instrumentenausgänge vor und nach Filtration und Kaltwasserprobe aus Handwaschbecken) Proben bis Juli an, ab August 42 Proben, da an jeder Einheit der Mundglasbefüller ebenfalls untersucht wurde. Insgesamt wurden 337 Proben untersucht.

Die "Alteinheiten" der Kinderzahnklinik wurden an 5 Probenahmetagen untersucht. An der Einheit Sirona[®] M1 wurden die gleichen Instrumente wie an den "Neueinheiten" untersucht, an der Einheit KaVo Systematica[®] 162T nur die Mikromotoren links und rechts sowie die Turbine beprobt, da die anderen Instrumente defekt waren, bzw. sehr selten genutzt wurden. Ebenfalls wurden die Mundglasbefüller beprobt. Für die "Alteinheiten" bedeutet dies, dass bei 5 Probenahmetagen insgesamt 110 Proben anfielen.

Die Probenahme erfolgte nach folgendem Schema:

Zunächst wurden 150 ml Wasser vor Filter entnommen. Es schloss sich die Entnahme von ebenfalls 150 ml Wasser an, nachdem die Filter angeschlossen wurden. Sämtliche Proben wurden in sterilen Glasflaschen aufgefangen.



Abb. 5: Dentalinstrumente (von links nach rechts: Luft-Wasser-Spray, Turbine, Mikromotor links und rechts, Zahnsteinentfernungsgerät)

3.2.2 Beprobung des zugeführten Trinkwassers

Zusätzlich erfolgte die Entnahme einer Kaltwasserprobe aus dem Wasserhahn des Handwaschbeckens des jeweiligen Behandlungszimmers.

Diese dient der Feststellung der Ausgangskontamination des wasserführenden Systems außerhalb der Dentaleinheiten, da eine Wasserprobeentnahme vor Eintritt in die Einheit (z.B. am sogenannten Eckventil) aus technischen Gründen nicht routinemäßig mehrfach möglich war.

Tabelle 1: Probenahmeschema an Behandlungseinheiten und Waschbecken

		Dentaleinheit				
		Einheit 1 (Sirona® C2+)	Einheit 2 (Sirona® C2+)	Einheit 3 (Sirona® C2+)	Einheit 4 (Sirona® M1)	Einheit 5 (Systemica® 162T)
Probenanzahl	6 Vor-Filter-Proben	6 Vor-Filter-Proben	6 Vor-Filter-Proben	6 Vor-Filter-Proben	6 Vor-Filter-Proben	3 Vor-Filter-Proben
	6 Nach-Filter-Proben	6 Nach-Filter-Proben	6 Nach-Filter-Proben	6 Nach-Filter-Proben	6 Nach-Filter-Proben	3 Nach-Filter-Proben
	1 Handwaschbecken	1 Handwaschbecken	1 Handwaschbecken	1 Handwaschbecken	1 Handwaschbecken	1 Handwaschbecken
	8 Probenahmetage				5 Probenahmetage	
	39 Proben/ Probenahmetag bis Juli ab August 42 Proben/ Probenahmetag, da MG eingeschlossen wurden				22 Proben/ Probenahmetag	
	437 Proben an 13 Probenahmetagen					

Tabelle 2: Sanierungs- und Beprobungsplan der Behandlungseinheiten

		Dentaleinheit				
Datum	Einheit 1 (Sirona C2+)	Einheit 2 (Sirona C2+)	Einheit 3 (Sirona C2+)	Einheit 4 (Sirona M1)	Einheit 5 (Systemica 162 T)	
19.06.2009	B	B	B + S			
26.06.2009		S	S			
10.07.2009	S					
17.07.2009	B	B	B			
14.08.2009	B	B + S	B + S			
21.08.2009	S		S			
11.09.2009	B + S	B + S	B			
18.09.2009			S			
02.10.2009		S	S			
09.10.2009	B	B	B			
23.10.2009		S	S			
06.11.2009	B	B	B			
27.11.2009	S	S	S			
04.12.2009	B	B	B			
20.08.2010				B	B	
17.09.2010				B	B	
15.10.2010				B	B	
12.11.2010				B	B	
10.12.2010				B	B	

B = Beprobung

S = Sanierung

Zusätzlich zu den Probenahmen des Betriebswassers wurde die Flussrate (Zeitspanne, die das Wasser zur Befüllung der Glasflaschen benötigt) notiert, um eventuelle Ablagerungen in den Filtern zu identifizieren. Alle Proben wurden in sterile Glasflaschen gegeben und zur Weiterverarbeitung im akkreditierten hausinternen Labor für Wasserhygiene des Instituts für Hygiene des Universitätsklinikums Halle (Saale) verarbeitet.

3.3 Bakteriologische Wasseruntersuchungen

Die bakteriologische Untersuchung der Wasserproben orientierte sich an der RKI-Empfehlung „Infektionsprävention in der Zahnheilkunde – Anforderungen an die Hygiene“ (RKI 2006) bzw. an der Trinkwasserverordnung (2001, 2003).

3.3.1. Bestimmung der Koloniezahl

Von allen Proben wurde in Anlehnung an die Trinkwasserverordnung von (2001) die Gesamtzahl der koloniebildenden Einheiten [KBE] bestimmt. Dazu wurde jede Probe nach Entnahme zunächst 30 s per Hand geschüttelt. Im Anschluss wurde mittels einer sterilen Pipette sowie einem Pipettierhelfer (Brand GmbH und Co KG, Macro, Art Nr.: 26100 Wertheim/Main) je 1 ml sowie 0,1 ml in je 2 Petrischalen gegeben. In jede Petrischale wurden 15-20 ml DEV Gelatine Agar (VWR/Roth/Oxoid/Gey, Karlsruhe) mittels Gussverfahren überführt.

Zuvor wurde der Agar im Wasserbad (Art.-Nr.: 10798399, Gesellschaft für Labortechnik, Burgwedel) bei 45°C erwärmt. Durch kreisende Bewegungen wurde die Probe mit dem Agar vermischt.

Zum Ausschluss einer Kontamination wurden für jede verwendete DEV Gelatine Agar Flasche zwei Agar-Kontrollen für die Bebrütung bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sowie $36 \pm 1^\circ\text{C}$ angesetzt. Als Kontrollstämme fungierten *E. coli* (ATCC 25922) und *P. aeruginosa* (ATCC 10145).

Die Agarplatten wurden bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$, sowie $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für $44 \pm 4\text{h}$ im Brutschrank (Art.-Nr.: 911012, Binder GmbH, Postfach 102, 78502 Tuttlingen) inkubiert und anschließend ausgezählt. Die Zählung der entstandenen Kolonien erfolgt mit einem Koloniezählstift (Colony Counter, Art.-Nr.: 608702, Bio, Kobe, Kleinfeld GmbH & Co. Labortechnik, Gehrden) unter dem Koloniezählgerät („Colony Counter“ BZG 30, Art.-Nr.: 0207679, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Weilheim).

Dabei wurden nur diejenigen Platten erfasst, die ≤ 300 Kolonien aufwiesen. Platten mit > 300 Kolonien wurden nicht ausgezählt (American Public Health Association, 1985).

Im Anschluss wurde die KBE-Zahl der Probe für die beiden Temperaturen pro 1 ml Wasserprobe bestimmt. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel (Anlage 1 Nr. 5 TrinkV a.F.):

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

- A: Koloniezahl auf der zur Auswertung herangezogenen Platte 1 (1 ml)
- B: Koloniezahl auf der zur Auswertung herangezogenen Platte 2 (0,1 ml)
- C: 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.



Abb. 6: Ablesen der Kolonien mit einem Koloniezählgerät („Colony Counter“ BZG 30, Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Weilheim)

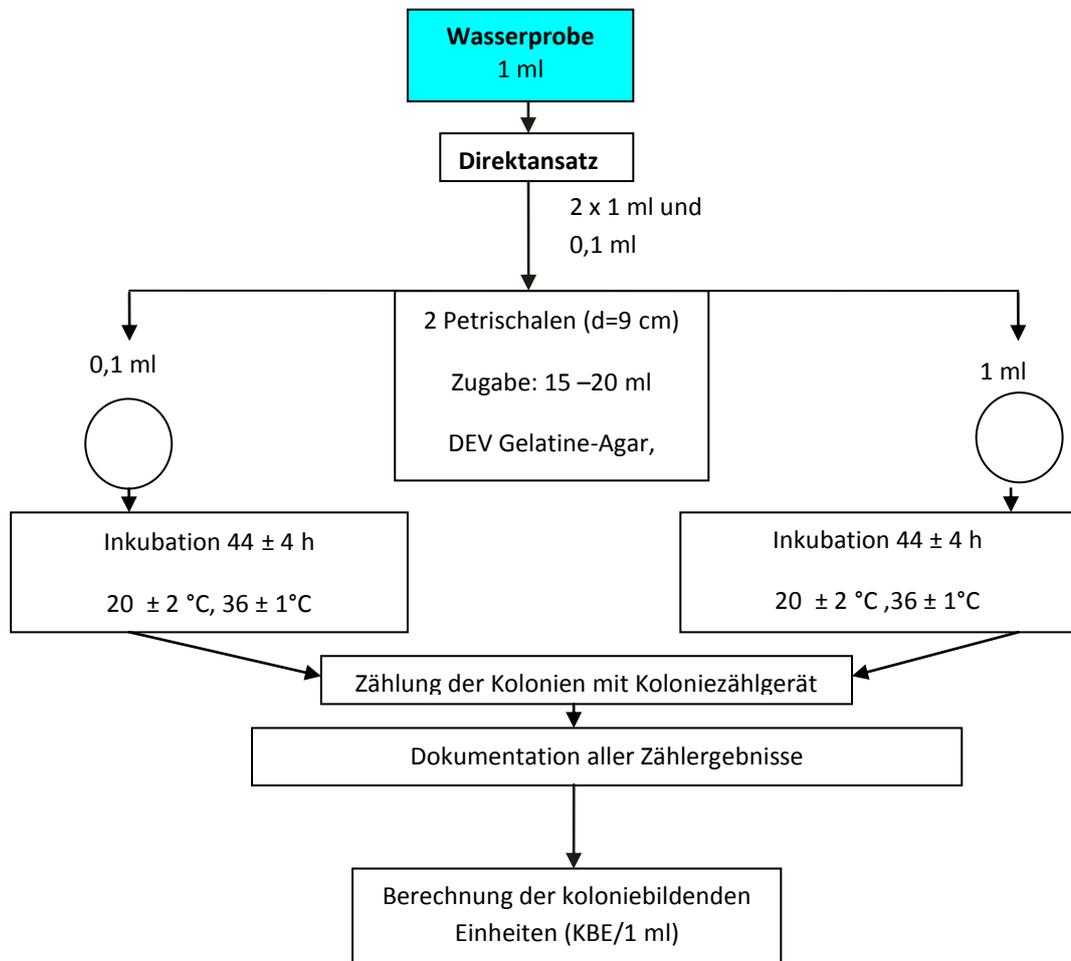


Abb. 7: Bestimmung der koloniebildenden Einheiten (KBE) mittels Plattengussverfahren

3.3.2 Nachweis von *P. aeruginosa*

Der Nachweis von *P. aeruginosa* erfolgte in Anlehnung an die Vorgaben der DIN ISO EN 16266 mittels Membranfiltration (s. Abb. 11)

Es wurden 100 ml Wasser nach Schütteln der Probe für 30 s per Hand mittels einer Absaugvorrichtung membranfiltriert. (Art.-Nr. SM 16831 mit Membran-Vakuumpumpe, Art.-Nr. 16612, Sartorius AG, Göttingen). Nach Beendigung der Filtration wurde der Membranfilter (Medisart 2000 (Porenweite 0,45 µm), Art.-Nr. 514-7003, Sartorius AG, Göttingen) mittels einer sterilen Pinzette aus der Filtrationsvorrichtung entnommen und auf Pseudomonas-Cetrimid-Selektivnährboden (Art.-Nr.: PO 5076 A, Oxoid, Wesel) abgeimpft. Die Proben wurden bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für $44 \pm 4\text{h}$ inkubiert. Nach Abschluss der Inkubation wurden diejenigen Kolonien, die ein blau-grünes Pigment (Pyocyanin) gebildet hatten, als verdächtig auf *P. aeruginosa* gewertet. Die Bestätigung bzw. Negierung erfolgte durch eine miniaturisierte biochemische Reihe (BBL Crystal E/NF Art.-Nr.: 4345000, Becton Dickinson GmbH, Heidelberg).



Abb. 8: Sechsfach-Absaugvorrichtung (Sartorius AG, Göttingen)

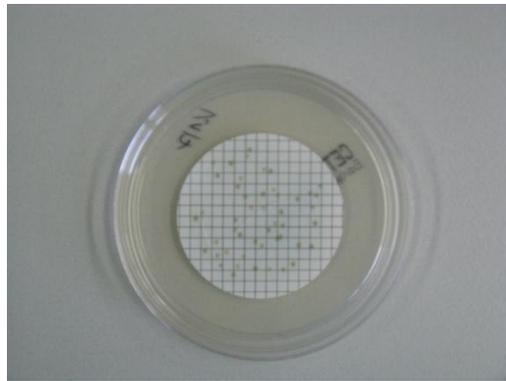


Abb. 9: *P. aeruginosa*-Kolonien auf Cetrimid-Selektivnährböden (Ansicht bei Tageslicht)

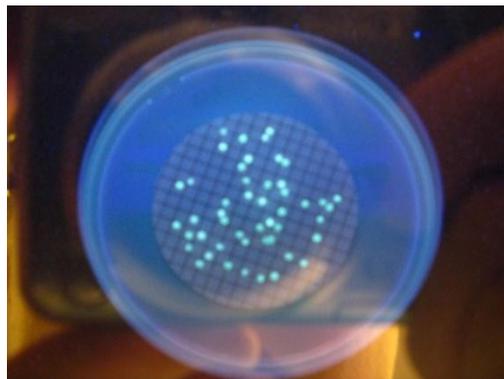


Abb. 10: *P. aeruginosa*-Kolonien: fluoreszierend unter UV-Licht

Weitere verdächtige Kolonien wurden in zwei Gruppen unterteilt: Kolonien, welche nicht blau-grünes Pigment bildeten, aber unter UV-Licht (365 nm) (UV-Lampe Art.- Nr.: 1483427 mit Sichtkasten Art.-Nr.: 1486573) fluoreszierten, wurden mittels eines Acetamid-Mediums (Art.-Nr. 64160, Oxoid) einem Bestätigungstest unterzogen. Rötlich-braune Kolonien, die unter UV-Licht nicht fluoreszierten, wurden mit einem Acetamid-Medium, einem Oxidase-Test (Art.-Nr.:231746, Becton, Dickinson GmbH, Heidelberg) und einen Ausstrich King B-Agar (Art.-Nr.: 01101e, Heipha, Heidelberg) bestätigt.

Im Rahmen der Bestätigungsuntersuchungen wurden von den verdächtigen Kolonien zunächst Subkulturen auf Nähragar (Art.-Nr.: PO 5025 A, Oxoid, Wesel) nach Trinkwasserverordnung angelegt. Die Inkubation erfolgte bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für $22 \pm 2\text{h}$. Von diesen Nährplatten aus erfolgte die Überimpfung der Subkulturen in Röhrchen mit Acetamid-Nährlösung (Acetamid-Nährlösung mit Nessler's Reagenz; Art.-Nr.: 64160, Heipha, Heidelberg) und anschließender Inkubation bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für $22 \pm 2\text{h}$.

Danach erfolgte die Zugabe von zwei Tropfen Nessler's Reagenz. Dabei bestätigte die Bildung eines gelben bis ziegelroten Farbstoffes das Vorhandensein von *P. aeruginosa* (Ammoniakproduktion). Die rötlich braunen, nicht fluoreszierenden Kolonien wurden neben dem Acetamid-Test auf die Oxidase-Reaktion überprüft. Dabei wurden nur die Oxidase-positiven Kolonien anschließend auf King B-Agar subkultiviert und bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für 5 Tage inkubiert.

Das Auftreten jeglicher Fluoreszenz galt als Nachweis von *P. aeruginosa*. Die nach der Inkubation auf dem Membranfilter gewachsenen Kolonien von *P. aeruginosa* wurden gezählt und auf 100 ml Probenmaterial bezogen, angegeben. Als Kontrollstämme fanden *P. aeruginosa* ATCC 10145 (Positivkontrolle) und *E. coli* ATCC 11775 (Negativkontrolle) Verwendung. Von diesen wurde je eine Verdünnungsreihe bis zur Stufe 10^{-7} angesetzt. Es wurden 100 ml der Verdünnungsstufen 10^{-6} und 10^{-7} membranfiltriert. Der Ansatz wurde analog zu einer zu untersuchenden Wasserprobe verarbeitet.

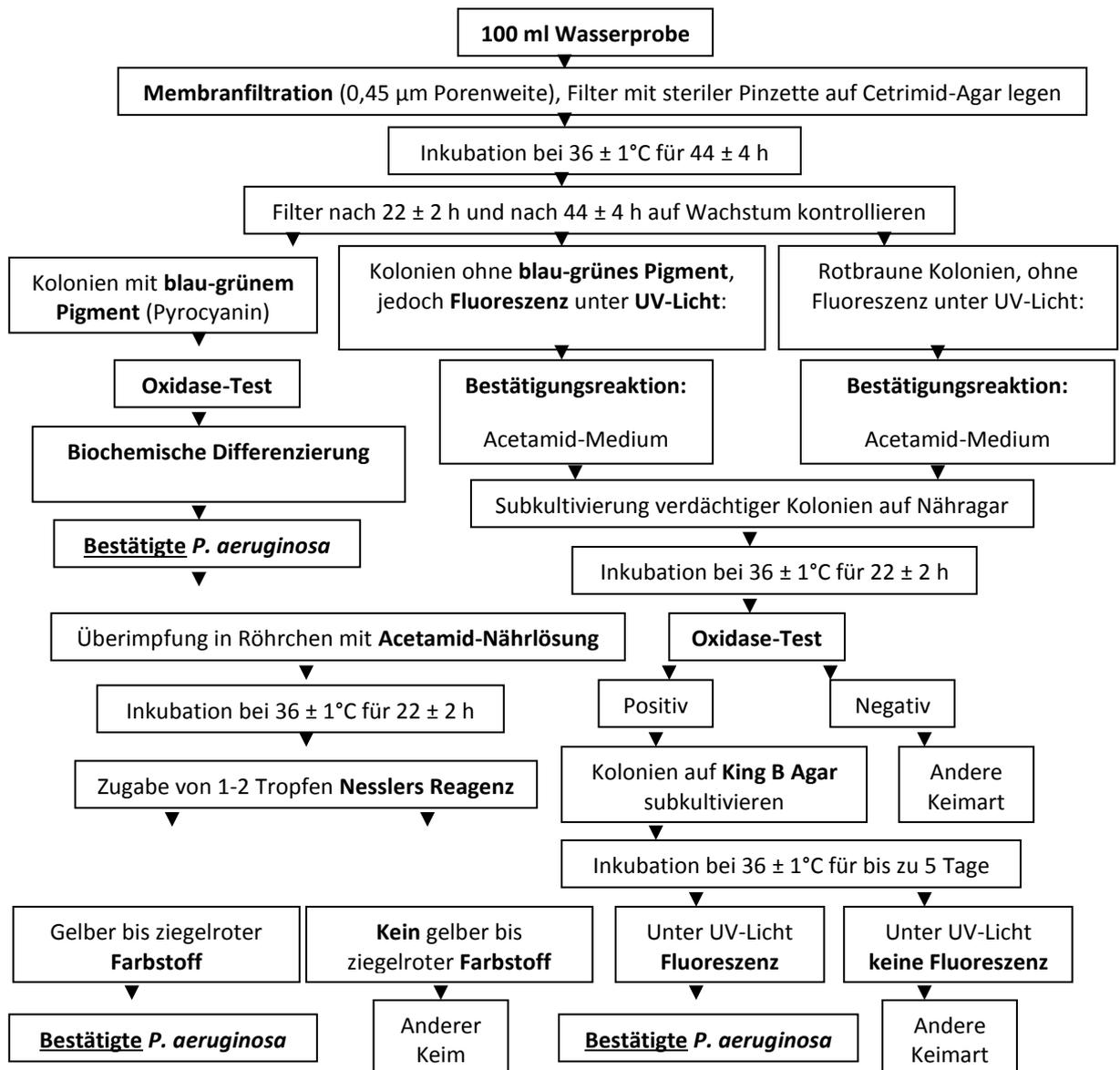


Abb. 11: Nachweis von *P. aeruginosa* in Anlehnung an die DIN EN ISO 16266

3.3.3 Nachweis von *Legionella spp.*

Die Verarbeitung der Wasserproben hinsichtlich des Nachweises von Legionellen erfolgte in Anlehnung an die Empfehlung des Umweltbundesamtes (2000) zum Nachweis von Legionellen in Trinkwasser und Badebeckenwasser.

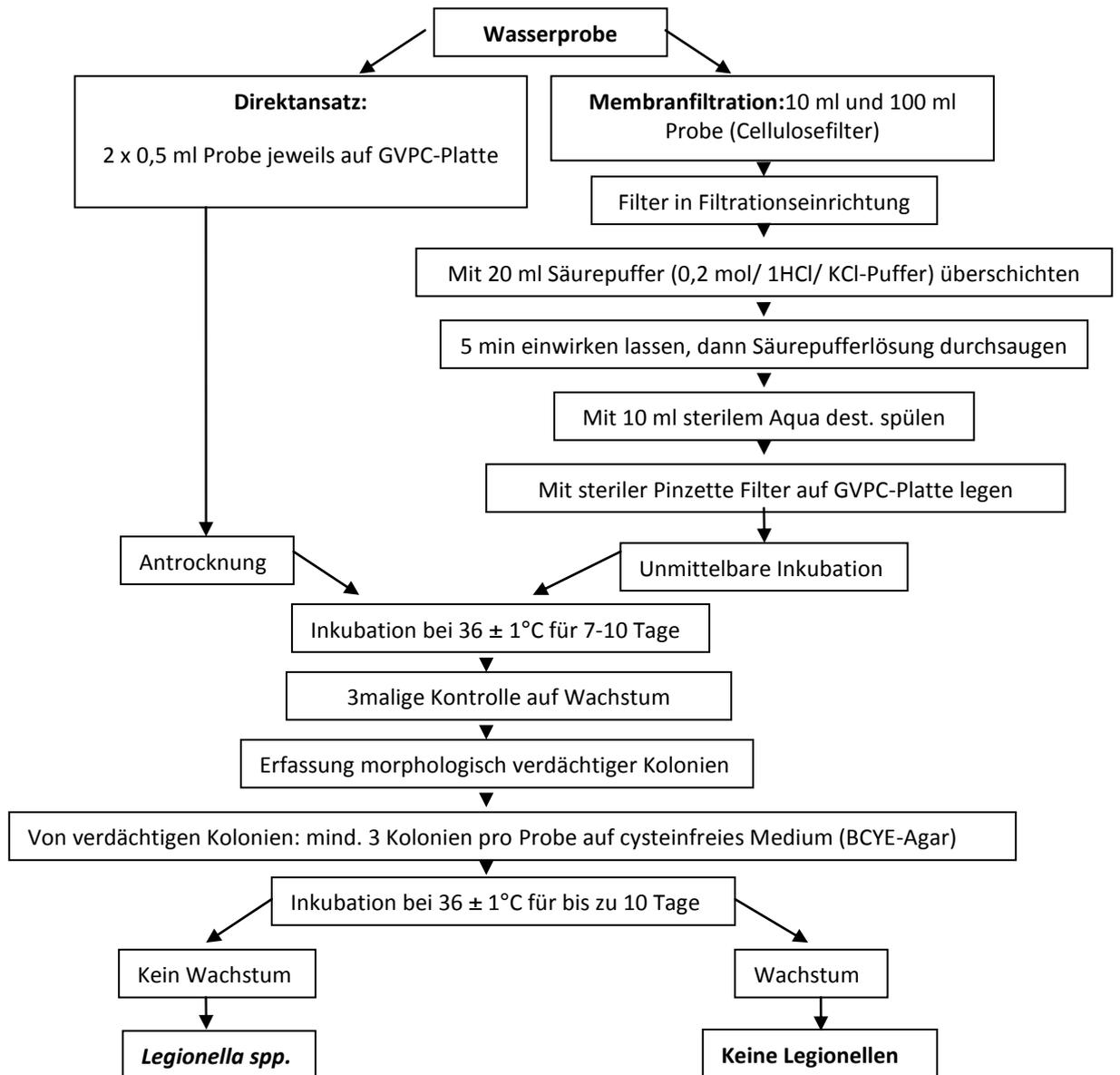


Abb. 12: Nachweis von *Legionella spp.* in Trinkwasser (UBA-Empfehlung, BGBl. 11/2000)

Direktansatz

Nach Schütteln der Wasserproben für 30 Sekunden wurden je 2 Proben á 0,5 ml mittels Eppendorfpipette (Art.-Nr.: 451074, Eppendorf-Netheler-Hinz-GmbH, Hamburg) und dazugehörigen sterilen Pipettenspitzen auf jeweils eine Glycin-Vancomycin-Polymyxin B-Cycloheximid-Agar (GVPC)-Platte (Art.-Nr.: PO 5074 A, Oxoid, Wesel) pipettiert. Anschließend wurden diese Proben mit dem Drigalski-Spatel (Art.-Nr.: E0149780, VWR, Darmstadt) ausplattiert. Nach vollständigem Antrocknen des Probenmaterials wurden die Platten umgedreht und für 10 Tage bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubiert. Nach 4, 7 und 10 Tagen erfolgte die Ablesung. Zur Auswertung wurden die Koloniezahlen beider Direktansätze addiert und die Summe als KBE/ml angegeben. Als Kontrollstämme dienten *L. pneumophila* und *E. coli*, von denen je eine Verdünnungsreihe bis zu 10^{-4} und 10^{-5} angesetzt wurde.



Abb. 13: *Legionella* spp. auf GVPC-Agar

Membranfiltration

Zusätzlich zum Direktansatz wurden die Wasserproben membranfiltriert. Dabei wurden 10 ml Probe abgemessen und durch einen Cellulosenitrat-Membranfilter (Art.-Nr.: 514-7003 (0,45 μm), Merck-eurolab (VWR), Darmstadt) filtriert. Um Begleitflora weitestgehend zu eliminieren, wurden mittels steriler 25 ml-Einmalpipette 20 ml eines Säurepuffers (0,2 mol/l HCl/KCl-Puffer) hinzugegeben. Nach einer Einwirkzeit von 5 Minuten wurde die Pufferlösung durch die Filter abgesaugt und mit 10 ml sterilem Aqua dest. (Art.-Nr.: 1424, Baxter, Unterschleißheim) nachgespült.

Die Filter wurden mittels steriler Pinzette entnommen und auf GVPC-Agarplatten verbracht. Die Platten wurden umgedreht und bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ für 10 Tage inkubiert. Ebenso wie die Direktansätze nach 4, 7 und 10 Tagen erfolgte eine Ablesung und eine Beurteilung nach den morphologischen Kriterien Farbe und Form. Zur Orientierung

diente eine Positivkontrolle. Die Anzahl der verdächtigen Kolonien wurde erfasst und im Anschluss mittels Subkultivierung auf das Vorliegen von *Legionella spp.* untersucht.

Subkultivierung

Zur Bestätigung von *Legionella spp.* wurden jeweils mindestens 3 Kolonien von verdächtigen Kolonien auf Buffered Charcoal Yeast Extract Agar (BCYE)-Agar (Art.-Nr.: PO 5072A und PO 5028A, Oxoid, Wesel) mittels Impföse (Art.-Nr.: 731101) überimpft und für bis zu 10 Tage bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubiert. Kolonien, die sowohl auf GVPC- sowie cysteinhaltigen Platten wuchsen, aber nicht auf cysteinfreiem Agar, wurden als *Legionella spp.* gewertet.



Abb. 14: Wachstum der überimpften Kolonien auf cysteinhaltigem BCYE-Agar.

Auswertung

Zur Auswertung wurden nur Platten mit Kolonienzahlen ≤ 200 pro Platte herangezogen. Bei Platten > 200 Kolonien wurde das Ergebnis aus einem anderen Ansatz mit geringerem Probenvolumen angegeben (UBA-Empfehlung, BGBl. 11/2000). Das Ergebnis wurde auf das filtrierte Probenvolumen bezogen. Alle auswertbaren Ansätze wurden mit einbezogen.

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

4 Ergebnisse

4.1 Untersuchungsumfang

In Phase 1 der Feldstudie ("Neueinheiten") wurden an 8 Probenahmetagen aus 3 Dentaleinheiten insgesamt 327 Proben untersucht.

In Phase 2 ("Alteinheiten") wurden an 5 Probenahmetagen aus 2 Dentaleinheiten 110 Proben.

Insgesamt wurden 437 Proben in die Studie einbezogen.

4.2 Auswertung der bakteriologischen Untersuchungen

4.2.1 Koloniezahl

Phase 1

Zu keinem Zeitpunkt der Studie wurde im Betriebswasser der Dentaleinheiten der kieferchirurgischen Ambulanz eine Überschreitung des Grenzwertes für Trinkwasser für die Koloniezahl (100 KBE/ml) festgestellt. Auch für das aus den Handwaschbecken entnommene Kaltwasser konnte keine Überschreitung festgestellt werden.

Phase 2

Die Einheiten der Kinderzahnklinik zeigten dagegen eine wesentlich höhere Belastung des Betriebswassers; hier wurde regelmäßig über den gesamten Probenahmezeitraum der Grenzwert mit Werten bis > 3000 KBE/ml sowohl vor, als auch nach Filtration überschritten.

An Probenahmetag 1 zeigten 9 von 20 Proben Überschreitungen des Grenzwertes, am Tag 2: 13/20, am Tag 3: 15/20, am Tag 4: 17/20 und am 5. Probenahmetag zeigten 8 von 20 Proben eine Gesamtkeimzahl > 100 KBE/ml. Nur sehr wenige Proben des Betriebswassers (37 von insgesamt 100 Proben) der Instrumentenausgänge zeigten Werte < 100 KBE/ml, und dies ausschließlich nur nach Filtration des Wassers. Für das Kaltwasser des Handwaschbeckens konnte zu keinem Zeitpunkt der Probenahme eine Einhaltung des Grenzwertes nachgewiesen werden.

4.2.2 Untersuchung auf *P. aeruginosa*

Phase 1

Das aus dem Handwaschbecken entnommene Kaltwasser wies während der gesamten Phase 1 der Studie keine Kontamination mit *P. aeruginosa* auf. Einmalig wurde das aus dem Luft-Wasser-Spray-Ausgang der Arztseite in Behandlungseinheit 1 mit einem Wert von 1 KBE/ml auffällig. Nachfolgende Proben fielen während des gesamten Zeitraumes negativ aus.

Phase 2

In Phase 2 der Studie wurde an 4 von 5 Probenahmetagen insgesamt 13 Mal der Richtwert für *P. aeruginosa* (1 KBE/100 ml) mit Werten bis > 200 KBE/100 ml bei den Vor-Filter-Proben überschritten. Vor allem der Mundglasbefüller der Einheit Sirona® M1 fiel regelmäßig mit Werten > 200 KBE/100 ml auf. Auch das Kaltwasser der Handwaschbecken in beiden Behandlungseinheiten wies einmalig Werte zwischen 4-7 KBE/100 ml auf, so dass eventuell von einer Kontamination der Hausinstallation ausgegangen werden muss, was auch die generelle starke Belastung der einzelnen Instrumente mit *P. aeruginosa* erklären könnte. Die stärkste Belastung mit *P. aeruginosa* konnte an Probenahmetag 3 nachgewiesen werden, an dem 4 von 6 Ausgängen, einschließlich des Kaltwassers der Handwaschbecken eine Kontamination zeigten.

4.2.3 Untersuchung auf Legionellen

Phase 1

In Phase 1 konnten in 7 der insgesamt 24 Kaltwasserproben der Handwaschbecken Legionellen nachgewiesen werden, allerdings nur einmal eine Überschreitung des Richtwertes 100 KBE/100 ml mit 2 KBE/ml. Diese Befunde bezogen sich ausschließlich auf Behandlungsplatz 2. In den Behandlungsplätzen 1 und 3 konnte zu keinem Zeitpunkt der Probenahme eine Belastung des Kaltwassers der Handwaschbecken mit Legionellen nachgewiesen werden.

Insgesamt wurden in Phase 1 an 7 von 8 Probenahmetagen Legionellen bei den Wasserproben der diversen Instrumentenausgängen nachgewiesen. Lediglich am Tag 6 konnte keine Überschreitung der Richtwerte festgestellt werden. Im Mittel waren 36% der Vor-Filter-Proben positiv.

Phase 2

In Phase 2 waren 4 der insgesamt 10 Kaltwasserproben der Handwaschbecken zu beanstanden. Davon überschritten 3 den Richtwert für Legionellen (100 KBE/100 ml). Insgesamt wurden an 3 von 5 Probenahmetagen Legionellen im Betriebswasser der Instrumente nachgewiesen. Lediglich Tag 1 und 5 zeigten keine Überschreitungen der Richtwerte. Im Durchschnitt waren 17% der Vor-Filter-Proben positiv.

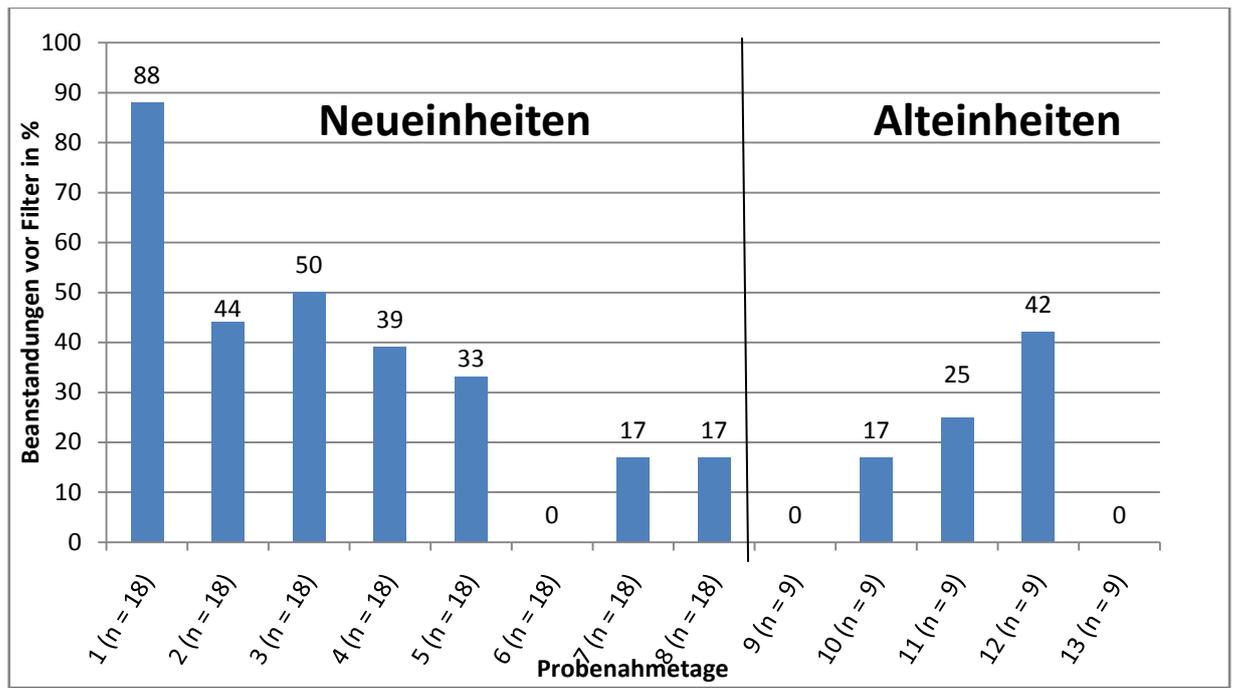


Abb. 15: Beanstandungen der Dentalinstrumente vor Filter an den jeweiligen Probenahmetagen

4.2.4 Auswertung Behandlungseinheit 1 (Sirona® C2+)

An Einheit 1 konnten an 7 von 8 Probenahmetagen Legionellen im Betriebswasser der einzelnen Instrumente nachgewiesen werden. Lediglich am Tag 6 konnte keine Belastung mit Legionellen festgestellt werden. Die Kaltwasserproben des Handwaschbeckens waren zu keinem Zeitpunkt der Probenahme belastet. Im Verlauf der Studie zeigten alle Geräte der Behandlungseinheit 1 Keimbelastungen mit *Legionella spp.* an unterschiedlichen Tagen. Am ersten sowie am dritten und vierten Probenahmetag war die Belastung mit Legionellen am höchsten. Hier wurden zwischen vier bis sechs von sechs Instrumenten der Einheit 1 beanstandet. Die beiden Mikromotoren wiesen an 3 von 8 Probenahmetagen Legionellenbelastungen auf, die

beiden Luft-Wasser-Spritzen sogar an 6 von 8 Probenahmetagen. Alle anderen Instrumentenausgänge wurden nur an 2 Probenahmetagen beanstandet.

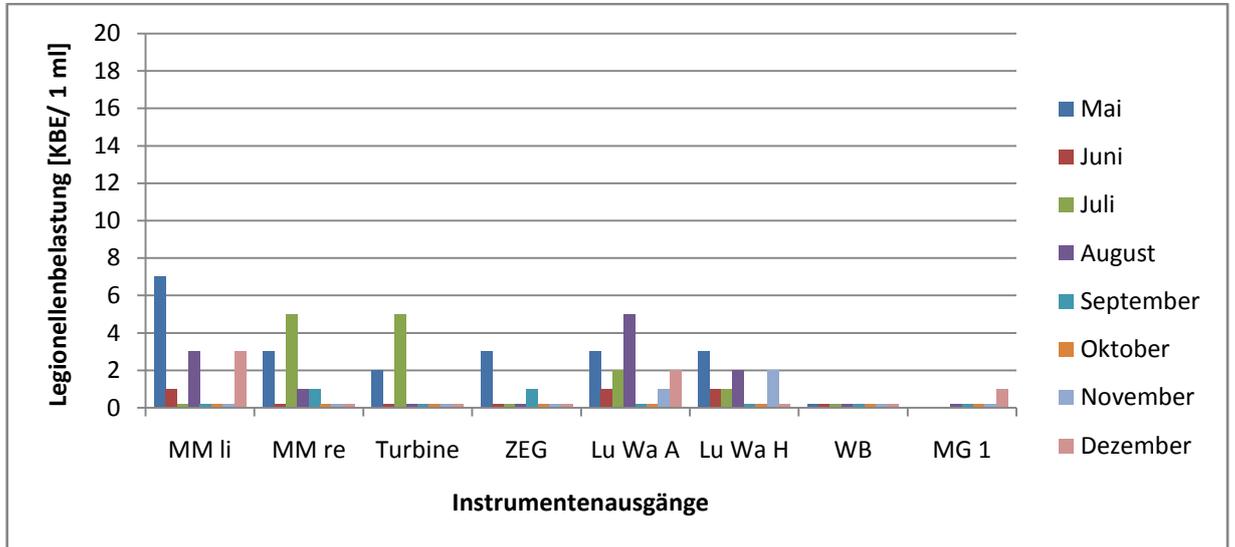


Abb. 16: Legionellenbelastungen einzelner Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 1 nach Probenahmetagen gegliedert

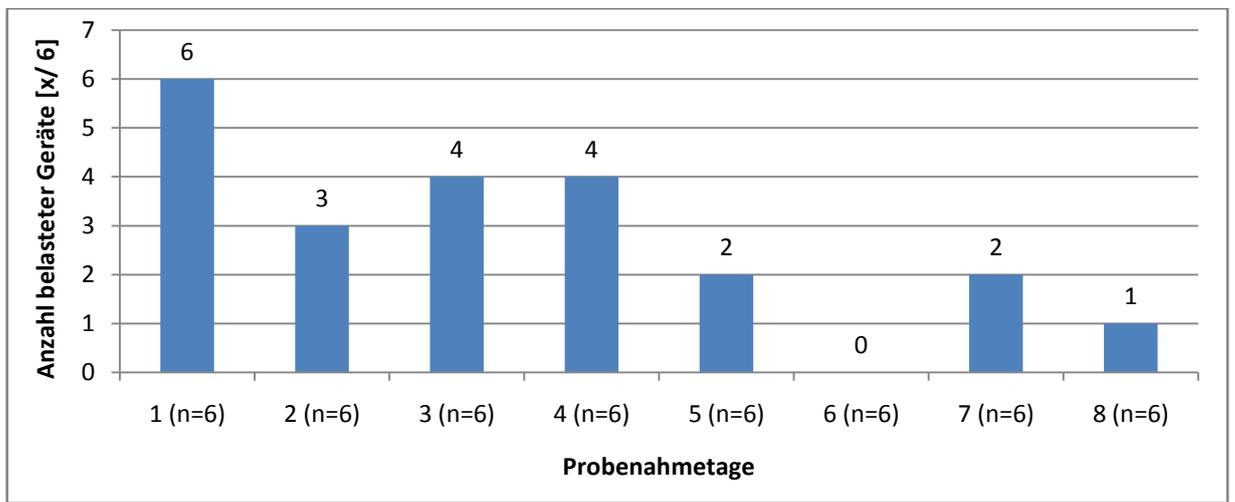


Abb. 17: Anzahl belasteter Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 1 nach Probenahmetag gegliedert

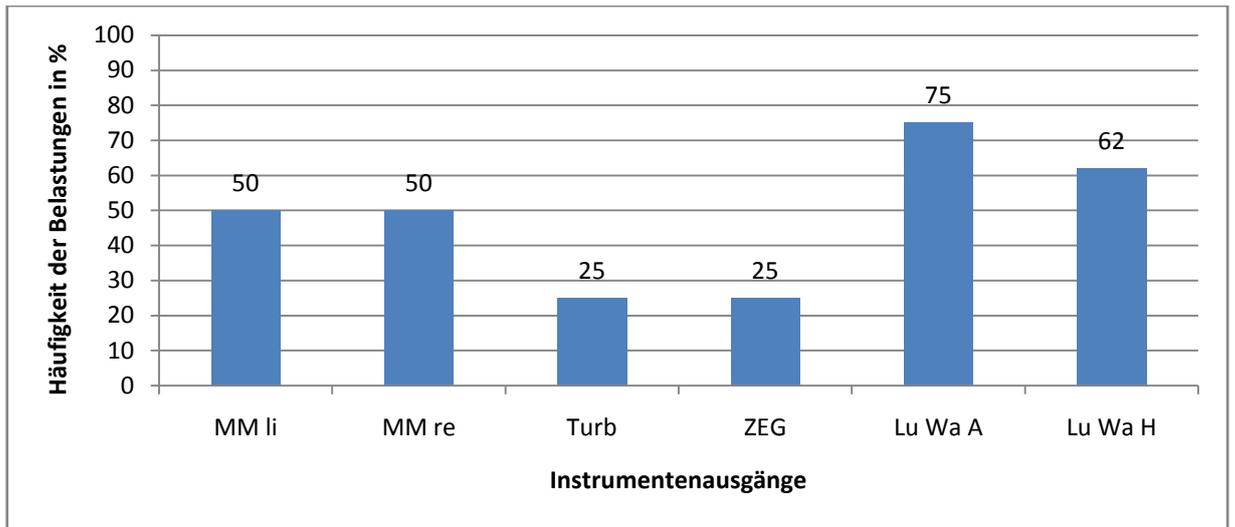


Abb. 18: Häufigkeit der Belastungen einzelner Instrumente der Behandlungseinheit 1 über den gesamten Probenahmezeitraum

4.2.5 Auswertung Behandlungseinheit 2 (Sirona® C2+)

Die Behandlungseinheit 2 war an 2 von 8 Probenahmetagen mit Legionellen belastet und stellt somit die am geringsten kontaminierte Einheit dar. Die Kaltwasserproben des Handwaschbeckens waren nur am Tag 6 mit 2 KBE/ml belastet. Am ersten Probenahmetag konnte die höchste Belastung mit Legionellen eruiert werden, es waren 4 von 6 Instrumenten zu beanstanden.

Beide Mikromotoren, die Turbine sowie die Luft-Wasser-Spritze der Helferinnenseite waren in der Behandlungseinheit 2 einmalig (Mikromotor links zweimalig) zu beanstanden. Über den gesamten Probenahmezeitraum zeigten das Zahnsteinentfernungsgerät sowie die Luft-Wasser-Spritze der Arztseite keine Belastung.

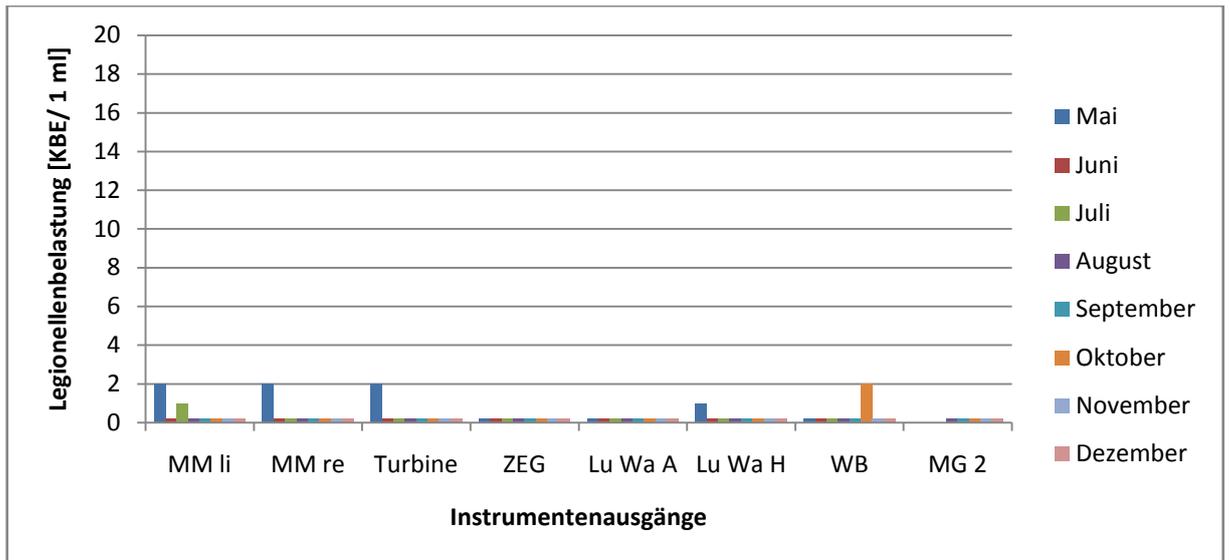


Abb. 19: Legionellenbelastungen einzelner Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 2 nach Probenahmetagen gegliedert

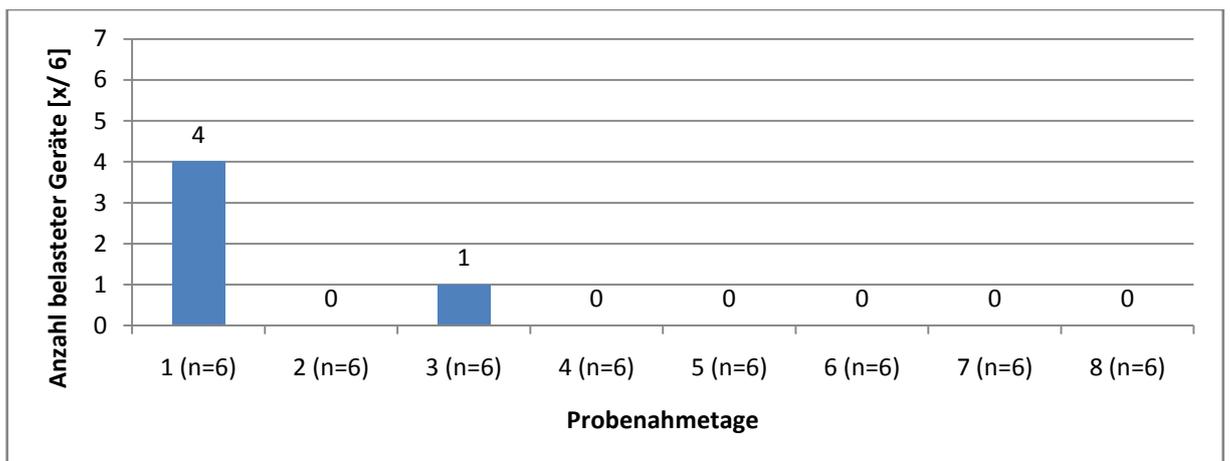


Abb. 20: Anzahl belasteter Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 2 nach Probenahmetagen gegliedert

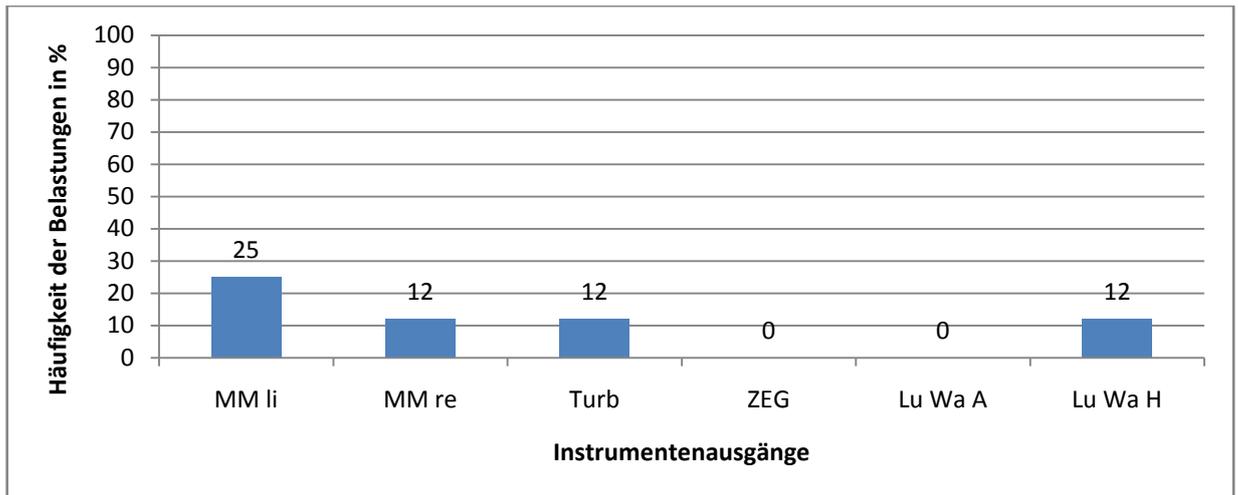


Abb. 21: Häufigkeit der Belastungen einzelner Instrumente der Behandlungseinheit 2 über den gesamten Probenahmezeitraum

4.2.6 Auswertung Behandlungseinheit 3 (Sirona® C2+)

Die Behandlungseinheit 3 war an 7 von 8 Probenahmetagen mit Legionellen belastet. Die Kaltwasserproben des Handwaschbeckens waren zu keinem Zeitpunkt mit Legionellen kontaminiert. Am Probenahmetag 6 konnte an allen Instrumentenausgängen der Behandlungseinheit 3 keine Legionellenbelastung nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu konnte am Tag 1, 2, 3 und 5 die höchste Belastung der Instrumentenausgänge festgestellt werden. An diesen Tagen waren 5 bis 6 der 6 beprobten Instrumente zu beanstanden. Am meisten waren die Luft-Wasser-Spritzen sowie die beiden Mikromotoren zu beanstanden. Diese Instrumente waren an 4 bis 6 von 8 Probenahmetagen belastet. Alle Übrigen waren im Verlauf der Studie an unterschiedlichen Tagen mit *Legionella spp.* kontaminiert.

Auffällig war, dass diese Behandlungseinheit am stärksten belastet war und Spitzenwerte bis 20 KBE/ml (Mikromotor links) aufwies. Der Mundglasbefüller wies einmalig einen Wert von 45 KBE/ml auf. Nachfolgende Untersuchungen zeigten keine weitere Kontamination.

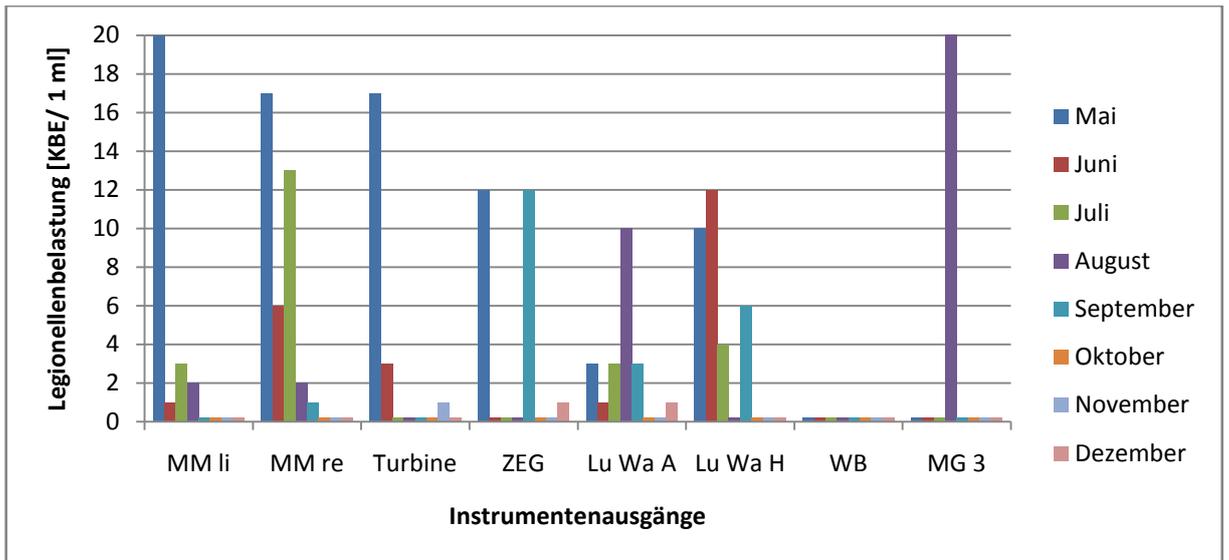


Abb. 22: Legionellenbelastungen einzelner Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 3 nach Probenahmetagen gegliedert

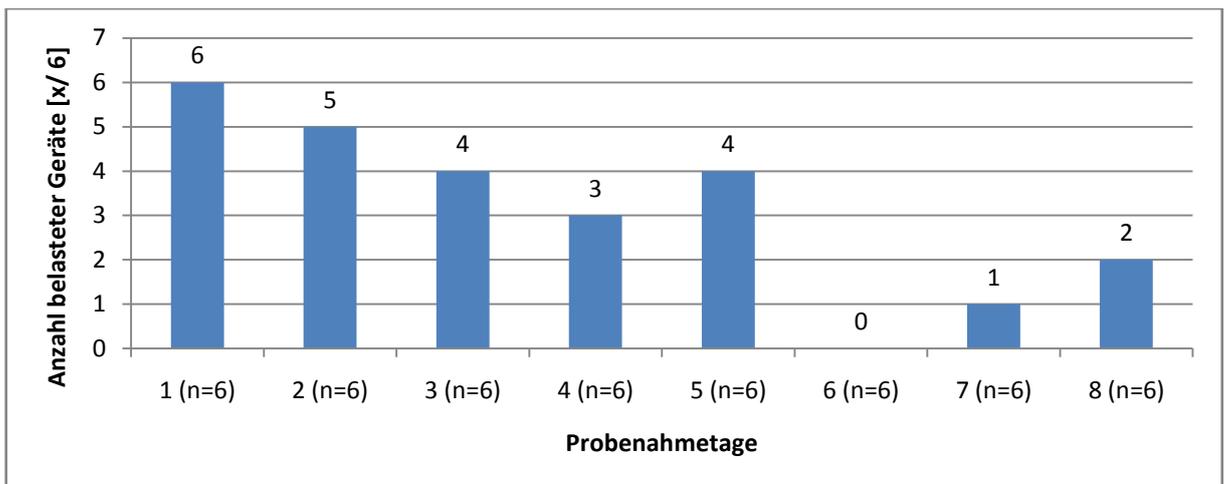


Abb. 23: Anzahl belasteter Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 3 nach Probenahmetagen gegliedert

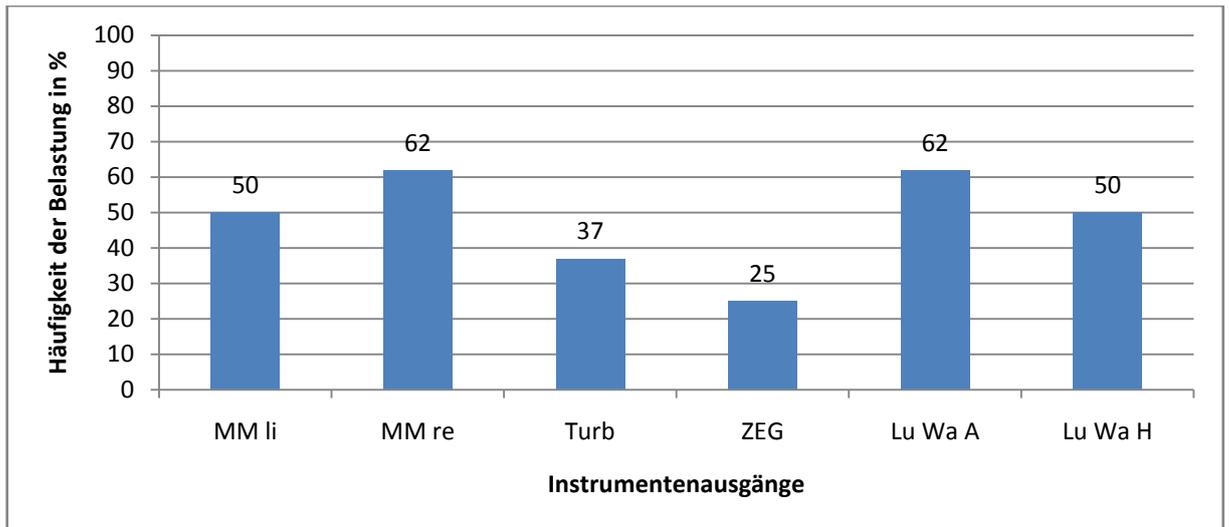


Abb. 24: Häufigkeit der Belastungen einzelner Instrumente der Behandlungseinheit 3 über den gesamten Probenahmezeitraum

4.2.7 Auswertung Behandlungseinheit 4 (Sirona® M1)

Die „Alteinheit“ Sirona® M1 war an 3 von 5 Probenahmetagen mit Legionellen belastet. An den Tagen 1 und 5 konnte keine Kontamination festgestellt werden. Die Kaltwasserproben des Handwaschbeckens waren an 3 Tagen zu beanstanden und überstiegen mit Werten bis zu 2 KBE/ml den Grenzwert für Legionellen.

Die höchste Belastung der Behandlungseinheit konnte am Probenahmetag 4 festgestellt werden, es waren 4 von 6 untersuchten Instrumenten zu beanstanden.

An jeweils 2 von 5 Probenahmetagen und somit am häufigsten waren der Mikromotor rechts, das Zahnsteinentfernungsgerät sowie die Luft-Wasser-Spritze auf der Helferinnenseite belastet. Alle anderen Geräte waren nur einmalig an unterschiedlichen Probenahmetagen kontaminiert.

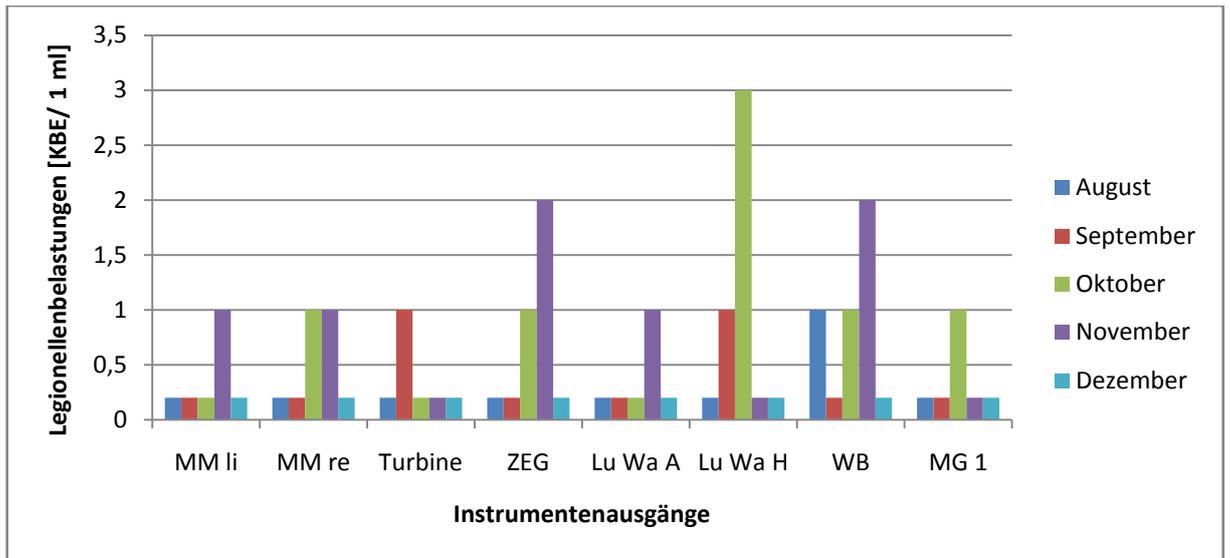


Abb. 25: Legionellenbelastungen einzelner Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 4 nach Probenahmetag gegliedert

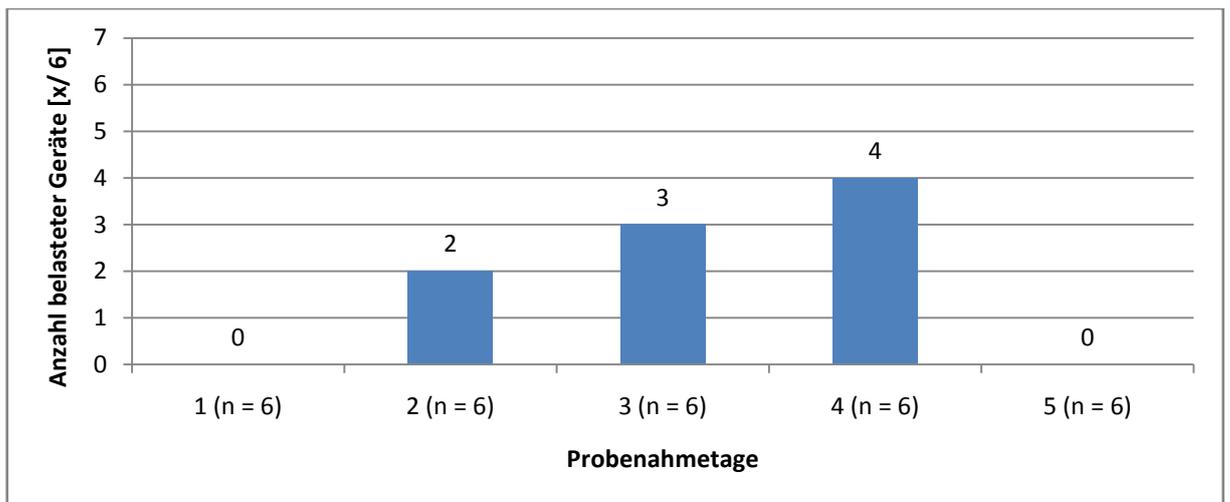


Abb. 26: Anzahl belasteter Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 4 nach Probenahmetagen gegliedert

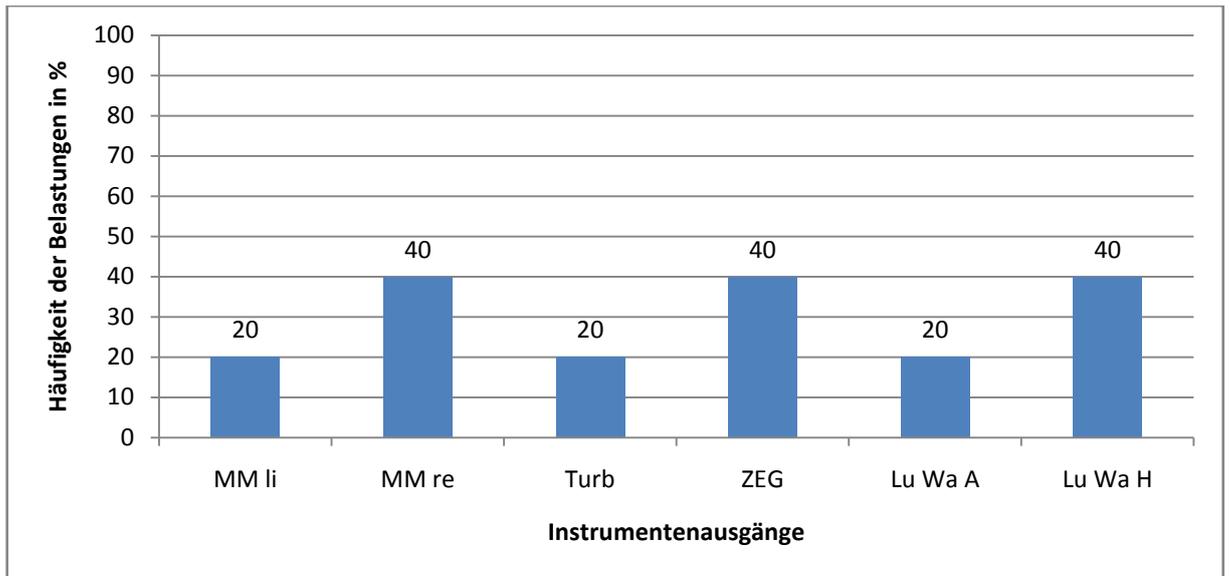


Abb. 27: Häufigkeit der Belastungen einzelner Instrumente der Behandlungseinheit 4 über den gesamten Probenahmezeitraum

4.2.8 Auswertung Behandlungseinheit 5 (KaVo Systematica® 162T)

Im Gegensatz zur Einheit Sirona® M1 konnte bei dieser Einheit nur an einem von 5 Probenahmetagen eine Belastung mit Legionellen eruiert werden. Die Kaltwasserproben des Handwaschbeckens waren zu keinem Zeitpunkt der Studie belastet. Der Ausgang der Turbine war als einziger einmalig mit einem Wert von 2 KBE/ml am Probenahmetag 4 zu beanstanden. Alle anderen Geräte wiesen über den gesamten Verlauf der Studie keine Belastung auf.

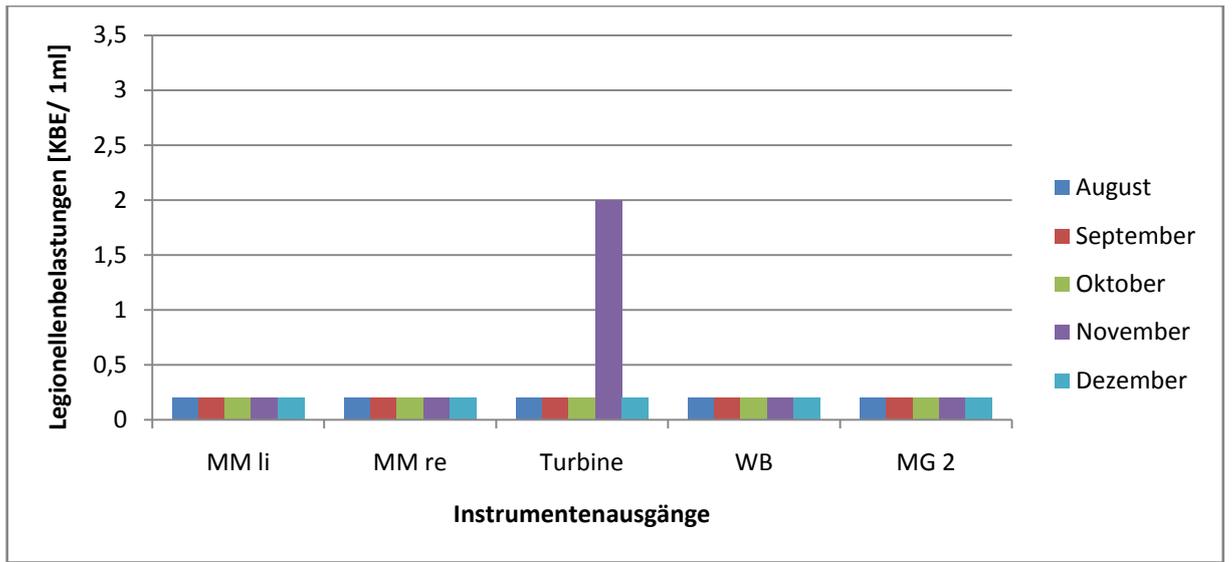


Abb. 28: Legionellenbelastungen einzelner Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 5 nach Probenahmetag gegliedert

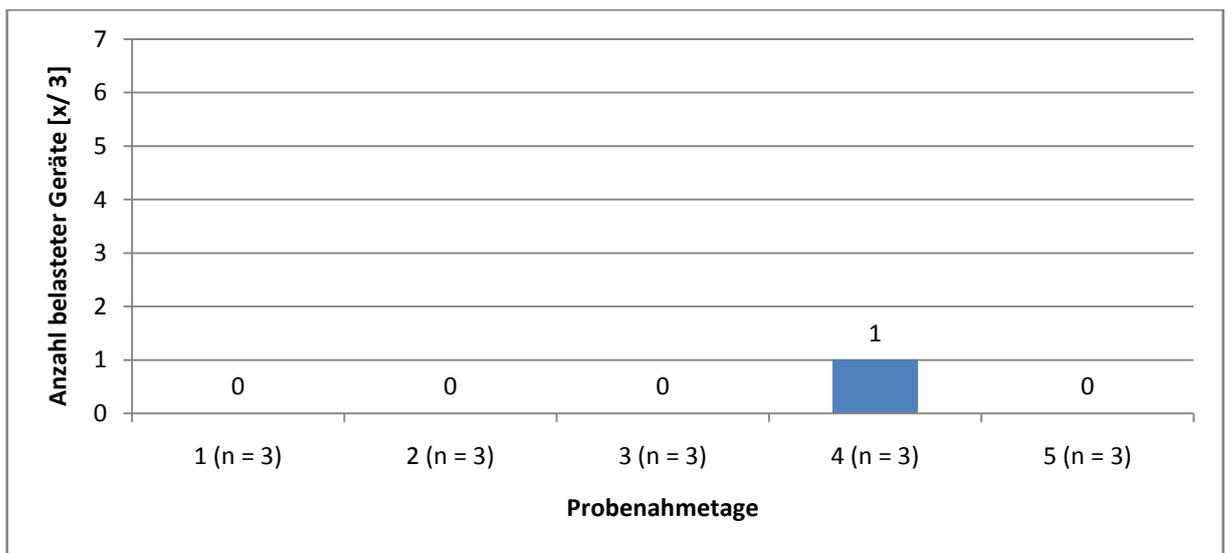


Abb. 29: Anzahl belasteter Dentalinstrumente der Behandlungseinheit 5 nach Probenahmetagen gegliedert

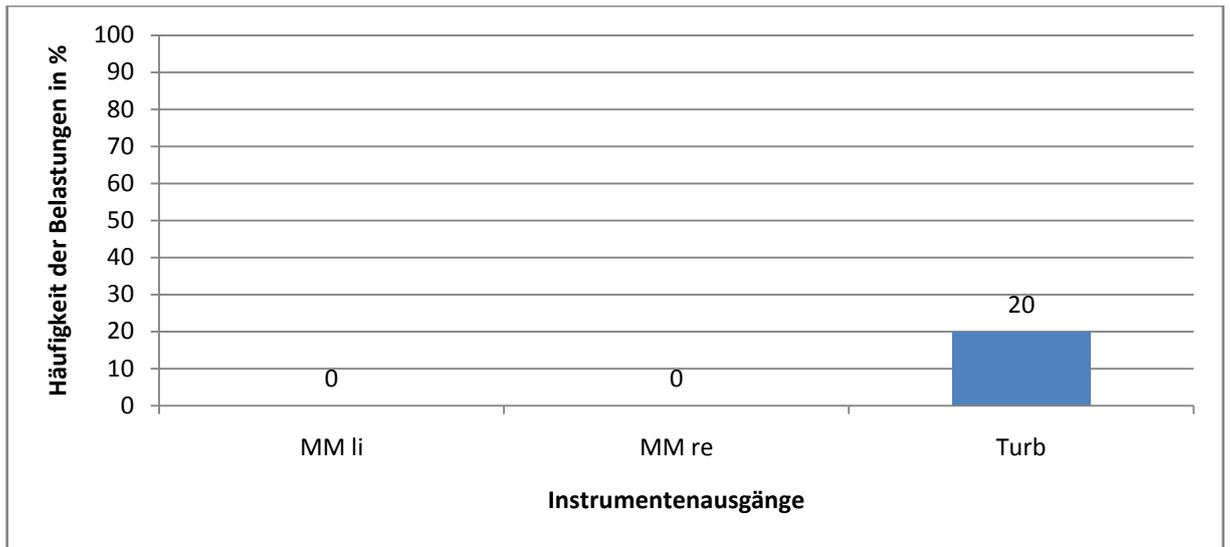


Abb. 30: Häufigkeit der Belastungen einzelner Instrumente der Behandlungseinheit 5 über den gesamten Probenahmezeitraum

4.2.9 Gerätespezifische Auswertung der Ergebnisse

Phase 1

Im Verlauf der Phase 1 wurde deutlich, dass die Vor-Filter-Proben der Ausgänge der beiden Mikromotoren sowie die Luft-Wasser-Spritzen auf der Arzt- und Helferinnenseite am meisten mit Legionellen belastet waren. Vergleichsweise weniger kontaminiert waren die Turbine sowie das Zahnsteinentfernungsgerät. Über den gesamten Probenahmezeitraum der Phase 1 konnte eine Abnahme der Überschreitung des Richtwertes für Legionellen festgestellt werden. Kein Nachweis von Legionellen gelang aber nur an Probenahmetag 6.

Phase 2

In Phase 2 wurde ersichtlich, dass der Ausgang des Mikromotors rechts, die Luft-Wasser-Spritze der Helferinnenseite sowie des Zahnsteinentfernungsgerätes am häufigsten mit Legionellen belastet waren. Am zweithäufigsten war die Turbine zu beanstanden. Im Verlauf der Probenahme konnte eher eine Zunahme der Überschreitung der Richtwerte, vor allem bei der Einheit Sirona[®] M1 beobachtet werden. Kein Nachweis von Legionellen war nur am Probenahmetag 1 und 5 möglich.

4.2.10 Gesamtauswertung der Nach-Filter-Proben

Phase 1

In Phase 1 der Studie wurden die Grenzwerte für die Koloniezahl, *P. aeruginosa* und der Richtwert („technischer Maßnahmewert“) für *Legionella spp.* bei den Nach-Filter-Proben zu keinem Zeitpunkt überschritten.

Phase 2

Phase 2 der Studie zeigte eine starke Kontamination des Betriebswassers der Instrumente jeweils vor und sogar auch nach Filtration des Wassers. Ebenso wiesen die Kaltwasserproben aus dem Handwaschbecken eine stetige Belastung auf. Die Grenzwerte für *P. aeruginosa* und *Legionella spp.* zeigten bei den Nach-Filter-Proben keine Überschreitung. Jedoch waren vor allem der Mundglasbefüller und die Kaltwasserproben aus den Handwaschbecken mit diesen typischen Wasserkeimen stark belastet, und es konnten regelmäßig Überschreitungen der Grenzwerte nachgewiesen werden.

4.3 Ergebnisse der Vor- und Nach-Filter-Proben

Im Rahmen der vorliegenden Feldstudie konnte die generelle Möglichkeit gezeigt werden, durch endständige Membranfilter die Wasserqualität des Kühl- und Betriebswassers in zahnärztlichen Behandlungseinheiten zu verbessern. Trinkwasserqualität konnte im Hinblick auf Gesamtkeimzahl, *P. aeruginosa* oder *Legionella spp.* erreicht werden über den vom Hersteller angegebenen Zeitraum von 12 Wochen hinaus.

In Kombination zu dieser physikalischen Maßnahme wurden die wasserführenden Systeme in der Studie mit Dentosept PL[®] saniert.

Diese Bedingungen konnten auch unter erschwerten Bedingungen, das heißt unter hohen Ausgangskontamination und seltener Nutzung trotz unregelmäßig durchgeführter Sanierungen und teilweise ausgebliebenen täglichen Spülungen eingehalten werden.

4.4 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Alle gewonnenen Messwerte wurden mittels „Normality Test (Shapiro-Wilk)“, der „Dunns-Methode“ und dem „Tukey-Test“ ausgewertet.

Verglichen wurden die drei Behandlungseinheiten Sirona® C2+ untereinander, die Einheit Sirona® M1 mit der Behandlungseinheit KaVo Systematica® 162T untereinander, alle Einheiten untereinander sowie die „Neu-“ gegen die „Alteinheiten“.

Außerdem wurden die Dentalinstrumente an Sirona® C2+, Sirona® M1 sowie KaVo Systematica® 162T untereinander verglichen. Hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Messwerte.

Die Einheit 2 der Sirona® C2+ erwies sich als signifikant am wenigsten belastet. Eine plausible Erklärung konnte für diesen Umstand jedoch nicht gefunden werden.

Die Einheit 1 und 3 der Sirona® C2+ zeigten keinen signifikanten Unterschied untereinander. Ebenfalls wiesen die Proben aus den Einheiten Sirona® M1 sowie KaVo Systematica® 162T keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Messwerte auf.

Im Vergleich der „Neu-“ gegen die „Alteinheiten“ waren die „Neueinheiten“ signifikant weniger belastet.

5 Diskussion

5.1 Keimbelastung von Dentaleinheiten

Im Zeitalter moderner zahnärztlicher Behandlungseinheiten ist es unerlässlich, Hochgeschwindigkeitsbohrer mit Brauchwasser zu kühlen, um die Zahnpulpa durch die entstehenden Reibungskräfte nicht zu beschädigen. In zahlreichen Studien wurde das Problem der Keimbesiedlung mit typischen Wasserkeimen im Betriebswasser von Behandlungseinheiten in der Vergangenheit diskutiert (Peters und McGaw, 1996; Rowland und Voorheesville, 2003; Walker und Marsh, 2004; O'Donnell et al., 2005; Singh und Coogan, 2005; Szymanska et al., 2006; Pankhurst et al., 2007; Kistemann et al., 2011).

Aufgrund der komplexen Struktur, der Symbiose der im Biofilm lebenden Bakterien, der schützenden Glycocalyx sowie Resistenzentwicklungen gegenüber verschiedenen Desinfizenzien muss eine Vielzahl verschiedener Maßnahmen ineinander greifen. Ebenso ist ein kontinuierliches Monitoring der Wasserqualität hinsichtlich eines mehrdimensionalen Hygienekontrollsystems unerlässlich (Hübner et al., 2012).

Um das Problem der Biofilmbildung in den Schlauchsystemen zahnärztlicher Behandlungseinheiten zu beherrschen, wurden hierzu mehrere Ansätze diskutiert: Grundsätzlich unterscheidet man chemische und physikalische Lösungsansätze.

Bisher fanden vorwiegend chemische Verfahren Anwendung. Zum einen versuchte man durch Spül- und Desinfektionsvorgänge zwischen zwei Patienten eine Keimreduktion zu bewirken, zum anderen dosierte man permanent Desinfektionsmittel hinzu (Rowland und Voorheesville, 2003; Montebugnoli et al., 2004; Porteous et al., 2004; Pfaff et al., 2006; Kistemann et al., 2011).

Als Desinfektionsmittel sind hier z.B. Silberverbindungen, Chlor und Wasserstoffperoxyd zu benennen. In dieser Studie handelt es sich um Dentosept®. Des Weiteren wurden auch UV-Bestrahlung des Betriebswassers, Bürstenreinigung der Schlauchinnenwandungen sowie Filtration erprobt. Auch über die Maßnahme separater Tanks wurde berichtet (Walker und Marsh, 2004).

Korrosive Effekte und gesundheitsschädliche Nebenprodukte wurden ebenfalls diskutiert. Eine unzureichende Eliminierung an kalzifizierten Nebenprodukten kann zu Verstopfungen im Schlauchsystem führen und somit eventuell zur Überhitzung von

Dentalinstrumentarien und folglich zur Schädigung der Zahnpulpa (Walker und Marsh, 2004; Kistemann et al., 2011). Da bakterienhaltiges Wasser durch Aerosol, Inhalation, Ingestion und Inokulation aufgenommen wird, wurde daher empfohlen, bei oralchirurgischen Eingriffen an immungeschwächten Patienten mit sterilem Wasser und Einmalschläuchen bzw. autoklavierbaren Schläuchen zu arbeiten (Rowland und Voorheesville, 2003; Porteous et al., 2004).

Als großes Problem wurde in vielen Studien die sich entwickelnde Resistenz gegenüber bestimmten Desinfektionsmitteln beschrieben (Rowland und Voorheesville, 2003; Porteous et al., 2004; Walker und Marsh, 2004; O'Donnell et al., 2005; Singh und Coogan, 2005; Roeder et al., 2010; Kistemann et al., 2011). Walker und Marsh beschrieben 2004 die Mechanismen zur Resistenzentwicklung.

Es wurde die „Up- und Downregulation“ von Genexpressionen beschrieben (Becker et al., 2001), in Abhängigkeit, ob die Zelle mit einer Oberfläche in Kontakt kommt. Zudem wurde auf den Austausch von Plasmiden als Ursache der Resistenzentwicklung hingewiesen. Über „Zell-zu-Zell-Signale“ würden Gene aktiviert, welche in der Differenzierung von Biofilmen eine Rolle spielen (Walker und Marsh, 2004).

Desweiteren fand der Einsatz von endständigen Membranfiltern bei Hand- und Winkelstücken Anwendung (Rowland und Voorheesville, 2003; Walker und Marsh, 2004; Kraut, 2006; Kumar et al., 2010).

5.2 Chemische Maßnahmen

Zur geräteinternen Desinfektion des zugeführten Betriebswassers fanden in der Vergangenheit Wasserstoffperoxid, Silberverbindungen, Chlor und Phosphorsäure-Präparate Anwendung, welche aber teilweise durch die schützende Glycocalyx des Biofilms nur unzureichend penetrieren konnten oder durch Resistenzentwicklung wirkungslos blieben (Rowland und Voorheesville, 2003).

Das Verfahren der Anodischen Oxidation wurde bereits 2001 (Behringer, 2001) und später von anderen Autoren (Tanahashi et al., 2006; Kramer, 2012 u.a.) mit Erfolg eingesetzt. Jatzwauk und Reitemeier (2002) beschrieben jedoch gegenteilige Erkenntnisse, u.a. auch starke Geruchs- und Geschmacksveränderungen des Betriebswassers der untersuchten Einheiten.

Dieses Verfahren stellt an sich kein neues Verfahren im eigentlichen Sinne dar; bereits in den 1970er Jahren wurde die Anodische Oxidation als Trinkwasser-Aufbereitungsverfahren diskutiert und als äußerst kritisch in der praktischen Anwendung kommentiert (vgl. Borneff et al., 1981).

Es wurde jedoch immer wieder berichtet, dass Desinfektion als alleinige Maßnahme nicht ausreicht, um Trinkwasserqualität zu gewährleisten (Rowland und Voorheesville, 2003; Montebugnoli et al., 2004; Porteous et al., 2004; O'Donnell et al., 2005; Singh und Coogan, 2005; Kistemann et al., 2011); korrosive sowie gesundheitsschädliche Effekte wurden ebenfalls diskutiert (Kistemann et al., 2011).

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde die Tatsache, dass Desinfektion als alleinige Maßnahme nicht ausreicht, ebenfalls belegt. In Phase 1 waren trotz regelmäßiger Desinfektion im Durchschnitt 36 % der Proben belastet, in Phase 2 waren es immerhin noch durchschnittlich 17 %.

5.3 Physikalische Maßnahmen

Als einfache physikalische Methode wird in zahlreichen Studien regelmäßiges Spülen (Rowland und Voorheesville, 2003; Kumar et al., 2010; Montebugnoli et al., 2004; Kistemann et al., 2011) empfohlen, um Stagnationen und somit Begünstigungen zur Bildung von Biofilmen zu verhindern. Kistemann (2011) konnte belegen, dass nach 300 ml Spülvolumen 1 log-Stufe und nach 600 ml 3 log Stufen an Keimreduktion beobachtet werden konnten.

Es kann jedoch auch dazu führen, dass es zum Abriss von Biofilmsegmenten kommt. Dieses Phänomen zeigte sich vermutlich auch in dieser Studie, da in Phase 1 und 2 die Keimbelastungen vor Filtration mit Zunahme der Spülfrequenz und Sanierungen paradoxerweise zunahm. Aufgrund der Textur der Polyurethanschläuche in Zahnarzteinheiten sowie dem enthaltenen Calciumcarbonat im Trinkwasser finden Bakterien auch in "Neueinheiten" sofort optimale Bedingungen, um zu adhären und einen Biofilm auszubilden. Auch Spülen und Desinfektion verhindert diesen Zustand offenbar nur unzureichend (Rowland und Voorheesville, 2003). Weiter begünstigend wirkt der Zustand, dass nur geringe Mengen an Wasser für eine Behandlung am Patienten Anwendung findet (Walker und Marsh, 2004).

Diverse Studien befassten sich daher mit dem Einsatz anderer physikalischer Methoden, wie z.B. thermischer Verfahren oder dem Einsatz von Filtersystemen. Es konnte vonseiten verschiedener Autoren gezeigt werden, dass nach Filtration eine deutliche Keimreduktion erzielt wurde, sie wiesen aber darauf hin, dass Endotoxine sehr wohl die Filtration passieren können und zum Beispiel zum Entstehen von Asthma bronchiale beitragen können (Rowland und Voorheesville, 2003; Walker und Marsh, 2004; O'Donnell et al., 2009). Dieses Problem ergibt sich jedoch auch bei fehlender Applikation von physikalischen Maßnahmen.

5.4 Kombinierte chemische und physikalische Maßnahmen

Da die bisherigen Ansätze zur Reduktion der Keimbelastung des Betriebswassers der Behandlungseinheiten nicht zu einer ausreichenden Wirksamkeit in der Praxis geführt hatten, wurde in der vorliegenden Studie ein kombiniertes Vorgehen im Rahmen eines Feldversuchs geprüft. Es kam sowohl die chemische Desinfektion der geräteintern installierten „Dauerdesinfektion“ zum Einsatz, wie auch die regelmäßigen „Sanierungen“ mit erhöhter Konzentration an behandlungsfreien Tagen. Zusätzlich wurden endständige Filtersysteme an allen Ausgängen mit zugeführtem Betriebswasser installiert:

Die Filter haben laut Herstellerangabe eine Porenweite von 0,2 µm und sollten eine Standzeit von 12 Wochen aufgrund der Gefahr der Verstopfung, somit geringerer Durchflussrate für Kühlwasser und drohender Zahnschäden durch Überhitzung, nicht überschreiten. In dieser Studie wurden die Filter teils länger als 12 Wochen belassen und zeigten nach wie vor eine akzeptable Durchflussrate.

Die Anodische Oxidation wird von einigen Autoren auch als Verfahren physikalisch-chemischer Art eingeordnet (vgl. Kap. 5.2).

Dieses bereits vor Jahrzehnten (vgl. Borneff et al., 1981) für die Trinkwasseraufbereitung entwickelte Verfahren eignet sich jedoch nur bedingt für die Anwendung in Behandlungseinheiten, da im Prozess entstehende Nebenprodukte Patienten und Behandler beeinträchtigen könnten (Kramer et al., 2012).

Kaltwasserproben aus dem Handwaschbecken waren ausschließlich in Behandlungseinheit 2 (Sirona® C2+) mit Legionellen belastet. Es ist davon auszugehen, dass eine Kontamination der Hausinstallation vorlag. Beachtlich ist

jedoch, dass in dieser Einheit nur sehr wenige Ausgänge zu beanstanden waren. Vermutlich lässt sich dieser Aspekt durch die Nutzung der Dentaleinheit für oralchirurgische Maßnahmen erklären.

Somit ist davon auszugehen, dass die Hand- und Winkelstücke in einem engeren Intervall sterilisiert werden und retrograde Kontaminationen ausbleiben. In Dentaleinheit 1 und 3 (Sirona® C2+, "Neueinheiten") war auffällig, dass überdurchschnittlich oft die beiden Mikromotoren sowie die Luft-Wasser-Spritzen belastet waren. Einerseits wäre hier an eine seltenere Nutzung zu denken, andererseits wegen physikalischer Gegebenheiten an eine niedrigere Flussgeschwindigkeit, da das Wasser als Aerosol „verarbeitet“ werden muss. Hier wäre die Installation von Einmal- oder autoklavierbaren Schläuchen sinnvoll.

In Phase 2 (Testung der Einheiten KaVo Systematica® 162T und Sirona® M1, "Alteinheiten") waren ebenfalls Mikromotoren und Luft-Wasser-Spritzen am häufigsten zu beanstanden, jedoch zeigten auch die Kaltwasserproben aus den Handwaschbecken eine enorme Belastung mit Legionellen, Pseudomonaden sowie hinsichtlich Gesamtkeimzahl, so dass hier ebenfalls von einer Kontamination der Hausinstallation und gegebenenfalls maroden Wasserleitungen auszugehen ist.

Bedenklich ist, dass auch die Mundglasbefüller regelmäßig belastet waren und dadurch Wasserkeime direkt in Wunden eindringen und z.B. immunsupprimierte Kinder schädigen können. Lediglich die Einheit Sirona® M1 zeigte nur eine einmalige Belastung mit Legionellen, die Kaltwasserproben des Handwaschbeckens sowie die Proben aus dem Mundglasbefüller zeigten sich unauffällig. Es ist zu vermuten, dass die Einheit häufiger für Patientenbehandlungen eingesetzt wurde und somit lange Stagnationszeiten vermieden wurden.

Durch den Einsatz der endständigen Filter konnten in allen Einheiten nach Filtration der vom RKI empfohlene Richtwert (RKI 2006) (<1KBE/ml) eingehalten werden. Jedoch ist das Problem der Mundglasbefüller neu zu überdenken.

Es ist grundsätzlich zu diskutieren, ob die Hausinstallation der im Rahmen der Studie untersuchten Kinderzahnklinik einer generellen Sanierung unterzogen werden sollte. Auf jeden Fall sollten die "Alteinheiten" in einem mindestens 2 wöchentlichen Abstand saniert werden und endständige Membranfilter als Ergebnis der Studie Anwendung finden.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden Feldstudie konnte gezeigt werden, dass im Rahmen der Vor-Ort vorhandenen Bedingungen eine geräteinterne chemische Desinfektion nicht ausreichend ist, um die vonseiten des RKI geforderten Bedingungen (RKI, 2006) zu gewährleisten. Dieser Umstand konnte sowohl an neueren als auch an älteren Behandlungseinheiten aufgezeigt werden. Es ist davon auszugehen, dass Legionellen schon in der Hausinstallation vorlagen und somit in das Betriebswasser der Behandlungseinheiten eingespeist werden.

Hinsichtlich der Belastung mit Pseudomonaden konnte in den älteren Einheiten eine deutlich höhere Belastung als in den untersuchten neueren Einheiten nachgewiesen werden. Auch die Mundglasbefüller wiesen überdurchschnittlich hohe Belastungen auf, die Zuleitung zum Mundglasbefüller war nicht mit einem Inline-Filter versehen.

Nach Filtration konnte Trinkwasserqualität hinsichtlich Koloniezahl, des Vorkommens von Legionellen und Pseudomonaden gemäß Trinkwasserverordnung (2001) sowie des RKI gewährleistet werden. Dieser Zustand konnte auch über eine Standzeit der Filter von über 12 Wochen hinaus noch gewährleistet werden.

In den untersuchten neueren Einheiten wurde im 4 wöchigem Abstand, statt dem bislang im Rahmen dieser Studie 2 wöchigen Rhythmus, eine Intensiventkeimung/Sanierung durchgeführt. Dieser Rhythmus kann unter den vorliegenden Ergebnissen auch unter den Gegebenheiten der täglichen Routine als ausreichend bezeichnet werden. Korrosive Effekte werden offenbar minimiert, sodass die wasserführenden Schläuche länger Verwendung finden können.

In den untersuchten älteren Einheiten sollte eine Sanierung unbedingt im 2 wöchigem Rhythmus erfolgen (nicht wie bisher im 4 wöchigem), da das Betriebswasser vor Filtration eine deutlich höhere Keimbelastung aufwies, als in neueren Einheiten und auch die Mundglasbefüller oft kontaminiert waren. Ebenfalls sollte in älteren Einheiten eine generelle Sanierung der Hausinstallation überdacht werden, um den Eintrag von Legionellen und Pseudomonaden in die Behandlungseinheiten zu minimieren.

Da nur nach Filtration des Betriebswassers Trinkwasserqualität erreicht werden konnte, und dies obwohl sowohl in neueren als auch in älteren Einheiten eine Kombination aus geräteinterner chemischer Desinfektion, regelmäßiger Sanierung und Inline-Filtern zur Anwendung kamen, ist in diesem Zusammenhang darauf zu achten,

das Personal hinsichtlich Hygienemaßnahmen sowie begl. eines unter Praxisbedingungen durchgeführten Wechsels der Filter zu schulen.

Statistisch gesehen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Entnahmestellen. Bei erneuten Beprobungen kann das Probenvolumen somit eingegrenzt und somit ökonomischer gearbeitet werden.

Zahlreiche Autoren beschrieben bisher das Vorliegen fakultativ oder obligat pathogener Keime im Betriebswasser von Behandlungseinheiten und ebenso Möglichkeiten zur Reduktion der vorliegenden Kontaminationen. Nach Empfehlungen des Robert Koch-Instituts (RKI 2006) sollten bestimmte Richtwerte hinsichtlich Trinkwasserqualität eingehalten werden: Dies bedeutet für Legionellen < 1 KBE/ml, für Pseudomonaden 0 KBE/ml und Koloniezahlen ≤ 100 KBE/ml.

In der vorliegenden Studie wurden zum einen neuere als auch ältere Einheiten gegenüberstellend untersucht. Es konnte anhand von 437 Proben gezeigt werden, dass chemische Maßnahmen, also gerätinterne chemische Dauerdesinfektionen sowie regelmäßige Sanierungen nicht ausreichend waren, um Trinkwasserqualität im Betriebswasser der Einheiten zu erzielen.

Anhand von insgesamt 189 Proben nach Filtration des Betriebswassers mittels Inline-Filter entsprachen zumindest in den neueren Einheiten Trinkwasserqualität. In den untersuchten älteren Einheiten konnte auch nach Filtration des Wassers zum Teil eine erhebliche Kontamination gezeigt werden.

Es ist davon auszugehen, dass eine retrograde Kontamination der Filter durch nicht aufbereitbare Geräteteile, wie z.B. Mikromotoren vorliegt oder durch das „Rücksaugen“ um ein Nachtropfen zu verhindern, Kontaminationen erfolgen. Ebenfalls wäre zu bedenken, dass eine längere Nutzung des Filters zu einer zunehmend geringeren Durchflussrate führt und somit stagnationsähnliche Bedingungen herrschen.

Für neuere Einheiten ist die Kombination aus chemischen Maßnahmen und Filtration des Betriebswassers eindeutig zu empfehlen. Da die Filter laut Hersteller eine Standzeit von 12 Wochen aufweisen und in der vorliegenden Studie diese Standzeit teilweise unter Einhaltung der Trinkwasserqualität überschritten wurde, ist eine Nutzung im Praxisbetrieb durchaus möglich und ohne zeitraubende Wechselrhythmen möglich.

In Bezug auf ältere Einheiten konnte gezeigt werden, dass trotz Dauerdesinfektion und regelmäßiger Sanierungsvorgängen die Benutzung von Inline-Filtern nur unzureichende Ergebnisse hinsichtlich der angestrebten Trinkwasserqualität erbracht haben. Gegebenenfalls müssen zusätzliche Maßnahmen erfolgen, wie z.B. der Einsatz eines zentralen Filters vor Eintritt des Betriebswassers in die Behandlungseinheit oder der Einsatz von sterilen Einmalschläuchen bei stark belasteten Dentalinstrumenten.

Auch sollte überprüft werden, ob sich hierbei lokale Reizungen in der Mundschleimhaut oder Allergiepoteziale zeigen. Bei stark belasteten Dentalinstrumenten sollte ein häufigerer Wechsel erfolgen, um retrograde Kontaminationen der Filter zu verhindern.

Eine Limitation des Einsatzes von Inline-Filtern stellt die Tatsache dar, dass eine optimale Platzierung im Sinne einer endständigen Filtration, wie z.B. bei Wasserhähnen oder Duschköpfen nicht möglich ist.

Dennoch stellt die geprüfte Verfahrenskombination von physikalischen und chemischen Maßnahmen eine Möglichkeit einer dauerhaft einsetzbaren, wenig aufwendigen und damit praxistauglichen Problemlösung dar.

7 Anlagen

7.1 Direktansatz Legionellen [KBE/ml]

Tabelle 1: Anzahl der Legionellen im Direktansatz [KBE/ml] der Instrumentenausgänge Dentaleinheit 1 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 1 Sirona® C2+	Anzahl Legionellen [KBE/ml]							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	3	0	0	0	1	0	0	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	3	0	5	1	1	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	7	1	0	3	0	0	0	3
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	2	0	5	0	0	0	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	3	1	2	5	0	0	1	2
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	3	1	1	2	0	0	2	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	0	0	0	0	0	0
Mundglasbefüller				0	0	0	0	1

Tabelle 2: Anzahl der Legionellen im Direktansatz [KBE/ml] der Instrumentenausgänge Dentaleinheit 2 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 2 Sirona® C2+	Anzahl Legionellen [KBE/ml]							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	2	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	2	0	1	0	0	0	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	2	0	0	0	0	0	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	1	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	0	0	0	2	0	0
Mundglasbefüller				0	0	0	0	0

Tabelle 3: Anzahl der Legionellen im Direktansatz [KBE/ml] der Instrumentenausgänge Dentaleinheit 3 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 3 Sirona® C2+	Anzahl Legionellen [KBE/ml]							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	12	0	0	0	12	0	0	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	17	6	13	2	1	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	20	1	3	2	0	0	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	17	3	0	0	0	0	1	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	3	1	3	10	3	0	0	1
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	10	12	4	0	6	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	0	0	0	0	0	0
Mundglasbefüller				45	0	0	0	0

Tabelle 4: Anzahl der Legionellen im Direktansatz [KBE/ml] der Instrumentenausgänge Dentaleinheit 4 Sirona® M1

Entnahmestelle Dentaleinheit 4 Sirona® M1	Anzahl Legionellen [KBE/ml]				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	0	0	0	2	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	0	0	0	1	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	0	0	0	1	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	0	1	0	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	0	0	0	1	0
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	0	1	3	0	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	1	0	1	2	0
Mundglasbefüller	0	0	1	0	0

Tabelle 5: Anzahl der Legionellen im Direktansatz [KBE/ml] der Instrumentenausgänge
Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T

Entnahmestelle Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T	Anzahl Legionellen [KBE/ml]				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Mikromotor rechts VOR Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	0	0	0	2	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	0	0	0
Mundglasbefüller	0	0	0	0	0

7.2 Membranfiltration Legionellen [KBE/ 10 ml]

Tabelle 6: Anzahl der Legionellen in der Membranfiltration [KBE/10ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 1 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 1 Sirona® C2+	Anzahl Legionellen [KBE/10 ml] Membranfiltration							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts VOR Filter	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links VOR Filter	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine VOR Filter	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Handwaschbecken	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mundglasbefüller				1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabelle 7: Anzahl der Legionellen in der Membranfiltration [KBE/10ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 2 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 2 Sirona® C2+	Anzahl Legionellen [KBE/10 ml] Membranfiltration							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Handwaschbecken	3	4	1	3	< 1	2	4	1
Mundglasbefüller				< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabelle 8: Anzahl der Legionellen in der Membranfiltration [KBE/10ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 3 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 3 Sirona® C2+	Anzahl Legionellen [KBE/10 ml] Membranfiltration							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine VOR Filter	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Handwaschbecken	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mundglasbefüller				14	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabelle 9: Anzahl der Legionellen in der Membranfiltration [KBE/10ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 4 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 4 Sirona® M1	Anzahl Legionellen [KBE/10 ml] Membranfiltration				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 1	< 1	12	4	< 1
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts VOR Filter	< 1	< 1	21	< 1	< 1
Mikromotor rechts NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	1
Mikromotor links NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Handwaschbecken	24	< 1	23	7	< 1
Mundglasbefüller	< 1	< 1	36	17	< 1

Tabelle 10: Anzahl der Legionellen in der Membranfiltration [KBE/10ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T

Entnahmestelle Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T	Anzahl Legionellen [KBE/10 ml] Membranfiltration				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Mikromotor rechts VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor rechts NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Mikromotor links VOR Filter	< 1	< 1	< 1	2	< 1
Mikromotor links NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine VOR Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Turbine NACH Filter	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Handwaschbecken	3	< 1	< 1	< 1	< 1
Mundglasbefüller	< 1	4	37	4	4

7.3 Membranfiltration Pseudomonaden [KBE/100 ml]

Tabelle 11: Anzahl der Pseudomonaden in der Membranfiltration [KBE/100ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 1 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 1 Sirona® C2+	Anzahl Pseudomonas aeruginosa [KBE/100ml] Membranfiltration							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	0	1	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	0	0	0	0	0	0
Mundglasbefüller				0	0	0	0	0

Tabelle 12: Anzahl der Pseudomonaden in der Membranfiltration [KBE/100ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 2 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 2 Sirona® C2+	Anzahl Pseudomonas aeruginosa [KBE/100ml] Membranfiltration							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	0	0	0	0	0	0
Mundglasbefüller				0	0	0	0	0

Tabelle 13: Anzahl der Pseudomonaden in der Membranfiltration [KBE/100ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 3 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 3 Sirona® C2+	Anzahl Pseudomonas aeruginosa [KBE/100ml] Membranfiltration							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	0	0	0	0	0	0
Mundglasbefüller				0	0	0	0	0

Tabelle 14: Anzahl der Pseudomonaden in der Membranfiltration [KBE/100ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 4 Sirona® M1

Entnahmestelle Dentaleinheit 4 Sirona® M1	Anzahl Pseudomonas aeruginosa [KBE/100ml] Membranfiltration				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	0	0	1	0	0
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts VOR Filter	0	0	0	1	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	0	0	1	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	0	0	7	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	0	0	2	0	0
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	0	0	0	0	0
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	0	0	0	> 200	0
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	7	0	0
Mundglasbefüller	> 200	> 200	> 200	> 200	0

Tabelle 15: Anzahl der Pseudomonaden in der Membranfiltration [KBE/100ml] der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T

Entnahmestelle Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T	Anzahl Pseudomonas aeruginosa [KBE/100ml] Membranfiltration				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Mikromotor rechts VOR Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor rechts NACH Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor links VOR Filter	0	0	0	0	0
Mikromotor links NACH Filter	0	0	0	0	0
Turbine VOR Filter	0	0	0	0	0
Turbine NACH Filter	0	0	0	0	0
Handwaschbecken	0	0	4	0	0
Mundglasbefüller	0	0	0	0	0

7.4 Koloniezahlbestimmung [KBE/ ml] bei 20 ± 2°C

Tabelle 16: Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 1 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 1 Sirona® C2+	Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Handwaschbecken	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mundglasbefüller				< 20	< 20	< 20	< 20	< 20

Tabelle 17: Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 2 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 2 Sirona® C2+	Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Handwaschbecken	< 20	30	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mundglasbefüller				< 20	< 20	< 20	< 20	< 20

Tabelle 18: Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 3 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 3 Sirona® C2+	Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	48
Mikromotor rechts VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Handwaschbecken	< 20	30	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mundglasbefüller				< 20	< 20	< 20	< 20	< 20

Tabelle 19: Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 4 Sirona® M1

Entnahmestelle Dentaleinheit 4 Sirona® M1	Koloniezahl [KBE/ml] bei 20 ± 2°C				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	< 20	51,28	109,09	37,27
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts VOR Filter	< 20	< 20	28, 18	360	37,27
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	< 20	84, 55	< 20	130
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	80
Turbine VOR Filter	< 20	< 20	21, 82	< 20	> 3000
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	256,36	520
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	50,91	< 20	24,55	< 20	59,09
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	310	78, 18	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	104,5	< 20	188,18	910	570
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	36,36	590	< 20
Handwaschbecken	157,2	57,27	133,64	410	450
Mundglasbefüller	1620	45,45	< 20	22,73	< 20

Tabelle 20: Koloniezahl [KBE/ml] bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$ der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T

Entnahmestelle Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T	Koloniezahl [KBE/ml] bei $20 \pm 2^\circ\text{C}$				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Mikromotor rechts VOR Filter	340	1520	> 3000	> 3000	> 3000
Mikromotor rechts NACH Filter	420	> 3000	> 3000	> 3000	2230
Mikromotor links VOR Filter	330	264	> 3000	2760	130
Mikromotor links NACH Filter	660	> 3000	> 3000	> 3000	80
Turbine VOR Filter	360	> 3000	> 3000	> 3000	> 3000
Turbine NACH Filter	580	> 3000	> 3000	> 3000	520
Handwaschbecken	216,4	< 20	< 20	38,18	< 20
Mundglasbefüller	330	2180	340	1360	< 20

7.5 Koloniezahlbestimmung [KBE/ ml] bei 36± 1°C

Tabelle 21: Koloniezahl [KBE/ml] bei 36 ± 1°C der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 1 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 1 Sirona® C2+	Koloniezahl [KBE/ml] bei 36 ± 1°C							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Handwaschbecken	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mundglasbefüller				< 20	< 20	< 20	< 20	< 20

Tabelle 22: Koloniezahl [KBE/ml] bei 36 ± 1°C der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 2 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 2 Sirona® C2+	Koloniezahl [KBE/ml] bei 36 ± 1°C							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Handwaschbecken	< 20	34,5	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mundglasbefüller				< 20	< 20	< 20	< 20	< 20

Tabelle 23: Koloniezahl [KBE/ml] bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 3 Sirona® C2+

Entnahmestelle Dentaleinheit 3 Sirona® C2+	Koloniezahl [KBE/ml] bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$							
	25.05.09	19.06.09	17.07.09	14.08.09	11.09.09	09.10.09	06.11.09	04.12.09
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Handwaschbecken	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mundglasbefüller				< 20	< 20	< 20	< 20	< 20

Tabelle 24: Koloniezahl [KBE/ml] bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 4 Sirona® M1

Entnahmestelle Dentaleinheit 4 Sirona® M1	Koloniezahl [KBE/ml] bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Zahnsteinentfernungsgerät VOR Filter	< 20	390	> 3000	340	33,64
Zahnsteinentfernungsgerät NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor rechts VOR Filter	38,18	294,64	61,82	440	< 20
Mikromotor rechts NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Mikromotor links VOR Filter	< 20	440	620	175,45	33,64
Mikromotor links NACH Filter	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Turbine VOR Filter	24,55	370	1150	274,56	< 20
Turbine NACH Filter	< 20	< 20	< 20	177,27	< 20
Luft-Wasser Arztseite VOR Filter	70,91	790	157,27	330	56,36
Luft-Wasser Arztseite NACH Filter	< 20	370	181,82	104,55	< 20
Luft-Wasser Helferseite VOR Filter	114,5	400	980	92,73	810
Luft-Wasser Helferseite NACH Filter	< 20	< 20	196,36	420	< 20
Handwaschbecken	36,36	< 20	75,45	111,82	51,82
Mundglasbefüller	> 3000	58,18	38,18	40	< 20

Tabelle 25: Koloniezahl [KBE/ml] bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$ der Instrumentenausgänge der Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T

Entnahmestelle Dentaleinheit 5 KaVo Systematica® 162T	Koloniezahl [KBE/ml] bei $36 \pm 1^\circ\text{C}$				
	20.08.10	17.09.10	15.10.10	12.11.10	10.12.10
Mikromotor rechts VOR Filter	360	1890	2950	> 3000	> 3000
Mikromotor rechts NACH Filter	280	> 3000	> 3000	> 3000	1980
Mikromotor links VOR Filter	350	2910	> 3000	2840	215,45
Mikromotor links NACH Filter	1610	> 3000	2980	2590	540
Turbine VOR Filter	121,8	2940	> 3000	> 3000	< 20
Turbine NACH Filter	940	2470	> 3000	2730	580
Handwaschbecken	250	27,27	130	440	179,9
Mundglasbefüller	62,27	114,55	43,64	58,18	< 20

7.6 Flussraten bei Filterinstallation

Tabelle 26: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® C2+ im Juni 2009

Instrument- enausgänge	Einheiten					
	Behandlungseinheit 1 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 2 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 3 Sirona® C2+	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	-	-	127	133	-	-
MM re	-	-	66	76	-	-
MM li	-	-	40	75	-	-
Turbine	-	-	41	147	-	-
Lu Wa A	-	-	37	59	-	-
Lu Wa H	-	-	57	4	-	-

Tabelle 27: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® C2+ im Juli 2009

Instrument- enausgänge	Einheiten					
	Behandlungseinheit 1 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 2 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 3 Sirona® C2+	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	-	-	120	128	-	-
MM re	-	-	50	75	-	-
MM li	-	-	40	55	-	-
Turbine	-	-	40	75	-	-
Lu Wa A	-	-	38	55	-	-
Lu Wa H	-	-	30	120	-	-

Tabelle 28: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® C2+ im August 2009

Instrument- enausgänge	Einheiten					
	Behandlungseinheit 1 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 2 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 3 Sirona® C2+	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	-	-	85	120	60	125
MM re	-	-	10	50	45	140
MM li	-	-	30	40	50	95
Turbine	-	-	45	95	45	90
Lu Wa A	-	-	40	60	35	125
Lu Wa H	-	-	30	120	30	80

Tabelle 29: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® C2+ im September 2009

Instrument- enausgänge	Einheiten					
	Behandlungseinheit 1 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 2 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 3 Sirona® C2+	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	48	72	120	114	40	76
MM re	42	115	39	221	47	82
MM li	39	84	27	42	58	106
Turbine	46	81	44	72	56	165
Lu Wa A	44	60	41	53	42	68
Lu Wa H	30	50	45	74	42	55

Tabelle 30: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® C2+ im Oktober 2009

Instrument- enausgänge	Einheiten					
	Behandlungseinheit 1 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 2 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 3 Sirona® C2+	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	54	72	120	140	46	75
MM re	44	331	35	70	44	87
MM li	41	226	50	90	42	108
Turbine	39	104	45	90	51	194
Lu Wa A	36	66	25	80	40	57
Lu Wa H	28	54	35	75	35	51

Tabelle 31: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® C2+ im November 2009

Instrument- enausgänge	Einheiten					
	Behandlungseinheit 1 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 2 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 3 Sirona® C2+	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	44	75	125	160	45	77
MM re	44	76	45	65	42	82
MM li	35	80	38	60	42	78
Turbine	44	66	45	130	50	87
Lu Wa A	45	62	40	135	41	65
Lu Wa H	29	54	30	45	32	54

Tabelle 32: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® C2+ im Dezember 2009

Instrument- enausgänge	Einheiten					
	Behandlungseinheit 1 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 2 Sirona® C2+		Behandlungseinheit 3 Sirona® C2+	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	44	75	140	142	52	72
MM re	50	76	40	120	37	85
MM li	38	155	48	93	36	81
Turbine	42	116	47	206	65	73
Lu Wa A	58	62	44	119	48	61
Lu Wa H	30	56	53	60	33	55

Tabelle 33: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® M1 und KaVo Systematica® 162T im August 2010

Einheiten				
Instrument- enausgänge	Behandlungseinheit 4 Sirona® M1		Behandlungseinheit 5 KaVo Systematica® 162T	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	33	62	-	-
MM re	34	85	53	127
MM li	36	98	56	107
Turbine	36	135	49	55
Lu Wa A	21	36	-	-
Lu Wa H	19	36	-	-

Tabelle 34: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® M1 und KaVo Systematica® 162T im September 2010

Einheiten				
Instrument- enausgänge	Behandlungseinheit 4 Sirona® M1		Behandlungseinheit 5 KaVo Systematica® 162T	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	32	78	-	-
MM re	34	98	53	119
MM li	42	42	50	111
Turbine	39	142	52	99
Lu Wa A	35	38	-	-
Lu Wa H	22	35	-	-

Tabelle 35: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® M1 und KaVo Systematica® 162T im Oktober 2010

Einheiten				
Instrument- enausgänge	Behandlungseinheit 4 Sirona® M1		Behandlungseinheit 5 KaVo Systematica® 162T	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	32	76	-	-
MM re	31	130	58	82
MM li	43	95	52	48
Turbine	40	92	51	98
Lu Wa A	18	50	-	-
Lu Wa H	20	35	-	-

Tabelle 36: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® M1 und KaVo Systematica® 162T im November 2010

Einheiten				
Instrument- enausgänge	Behandlungseinheit 4 Sirona® M1		Behandlungseinheit 5 KaVo Systematica® 162T	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	33	78	-	-
MM re	30	188 (undicht)	53	120
MM li	35	95	50	180
Turbine	35	220 (undicht)	50	145
Lu Wa A	25	45	-	-
Lu Wa H	15	35	-	-

Tabelle 37: Flussraten der Inline-Filter an verschiedenen Instrumentenausgängen der Dentaleinheiten Sirona® M1 und KaVo Systematica® 162T im Dezember 2010

Einheiten				
Instrument- enausgänge	Behandlungseinheit 4 Sirona® M1		Behandlungseinheit 5 KaVo Systematica® 162T	
	vor Filter [s]	nach Filter [s]	vor Filter [s]	nach Filter [s]
ZEG	32	78	-	-
MM re	34	136	52	155
MM li	37	100	50	112
Turbine	36	152	50	134
Lu Wa A	23	41	-	-
Lu Wa H	21	40	-	-

7.7 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Descriptive Statistics

Column	Size	Missing	Mean	Std Dev	Std. Error	C.I. of Mean
1 Sirona C2+	48	0	1,104	1,614	0,233	0,469
2 Sirona C2+	48	0	0,167	0,519	0,0749	0,151
3 Sirona C2+	48	0	3,417	5,390	0,778	1,565
Sirona M1	30	0	1,500	4,345	0,793	1,622
Systemica KaVo 162T	15	0	0,267	0,704	0,182	0,390

Column	Range	Max	Min	Median	25%	75%
1 Sirona C2+	7,000	7,000	0,000	0,000	0,000	2,000
2 Sirona C2+	2,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3 Sirona C2+	20,000	20,000	0,000	1,000	0,000	3,750
Sirona M1	21,000	21,000	0,000	0,000	0,000	1,000
Systemica KaVo 162T	2,000	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Column	Skewness	Kurtosis	K-S Dist.	K-S Prob.	SWilk W	SWilk Prob
1 Sirona C2+	1,756	3,165	0,295	<0,001	0,725	<0,001
2 Sirona C2+	3,086	8,411	0,522	<0,001	0,352	<0,001
3 Sirona C2+	1,694	1,827	0,281	<0,001	0,686	<0,001
Sirona M1	3,837	15,335	0,412	<0,001	0,396	<0,001
Systemica KaVo 162T	2,405	4,349	0,514	<0,001	0,413	<0,001

Column	Sum	Sum of Squares
1 Sirona C2+	53,000	181,000
2 Sirona C2+	8,000	14,000
3 Sirona C2+	164,000	1926,000
Sirona M1	45,000	615,000
Systemica KaVo 162T	4,000	8,000

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Group	N	Missing	Median	25%	75%
1 Sirona C2+	48	0	0,000	0,000	2,000
2 Sirona C2+	48	0	0,000	0,000	0,000
3 Sirona C2+	48	0	1,000	0,000	3,750
Sirona M1	30	0	0,000	0,000	1,000
Systemica KaVo 162T	15	0	0,000	0,000	0,000

H = 27,706 with 4 degrees of freedom. (P = <0,001)

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Dunn's Method) :

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0,05
3 Sirona C2+ vs 2 Sirona C2+	44,375	3,974	Yes
3 Sirona C2+ vs Systemica KaV	41,063	2,538	No
3 Sirona C2+ vs Sirona M1	25,629	2,013	Do Not Test
3 Sirona C2+ vs 1 Sirona C2+	11,677	1,046	Do Not Test
1 Sirona C2+ vs 2 Sirona C2+	32,698	2,928	Yes
1 Sirona C2+ vs Systemica KaV	29,385	1,816	Do Not Test
1 Sirona C2+ vs Sirona M1	13,952	1,096	Do Not Test
Sirona M1 vs 2 Sirona C2+	18,746	1,472	No
Sirona M1 vs Systemica KaV	15,433	0,892	Do Not Test
Systemica KaV vs 2 Sirona C2+	3,313	0,205	Do Not Test

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Group	N	Missing	Median	25%	75%
1 Sirona C2+	48	0	0,000	0,000	2,000
2 Sirona C2+	48	0	0,000	0,000	0,000
3 Sirona C2+	48	0	1,000	0,000	3,750

H = 23,158 with 2 degrees of freedom. (P = <0,001)

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparison	Diff of Ranks	q	P<0,05
3 Sirona C2+ vs 2 Sirona C2+	1635,500	5,659	Yes
3 Sirona C2+ vs 1 Sirona C2+	454,000	1,571	No
1 Sirona C2+ vs 2 Sirona C2+	1181,500	4,088	Yes

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Group	N	Missing	Median	25%	75%
1 Sirona C2+	48	0	0,000	0,000	2,000
2 Sirona C2+	48	0	0,000	0,000	0,000
3 Sirona C2+	48	0	1,000	0,000	3,750

H = 23,158 with 2 degrees of freedom. (P = <0,001)

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Dunn's Method) :

Comparison	Diff of Ranks	Q	P<0,05
3 Sirona C2+ vs 2 Sirona C2+	34,073	4,002	Yes
3 Sirona C2+ vs 1 Sirona C2+	9,458	1,111	No
1 Sirona C2+ vs 2 Sirona C2+	24,615	2,891	Yes

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Group	N	Missing	Median	25%	75%
ZEG	24	0	0,000	0,000	0,000
MM re	24	0	0,000	0,000	2,000
MM li	24	0	0,000	0,000	2,000
Turbine	24	0	0,000	0,000	0,000
LuWa A	24	0	0,500	0,000	2,750
Lu Wa H	24	0	0,000	0,000	2,000

H = 6,788 with 5 degrees of freedom. (P = 0,237)

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Group	N	Missing	Median	25%	75%
ZEG	5	0	0,000	0,000	8,000
MM re	5	0	0,000	0,000	11,000
MM li	5	0	0,000	0,000	0,500
Turbine	5	0	0,000	0,000	0,500
LuWa A	5	0	0,000	0,000	0,500
Lu Wa H	5	0	0,000	0,000	2,000

H = 2,211 with 5 degrees of freedom. (P = 0,819)

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks

Group	N	Missing	Median	25%	75%
MM re	5	0	0,000	0,000	0,000
MM li	5	0	0,000	0,000	1,000
Turbine	5	0	0,000	0,000	1,000

H = 1,077 with 2 degrees of freedom. (P = 0,584)

Erläuterungen

All	alle
C.I. of Mean	Konfidenzintervall der Mittelwerte
Column	Spalte
Comparison	Vergleich
Diff of Ranks	Differenz der Werte
Group	Gruppe
K-S Dist.	„Kolmogorov-Smirnov“ - Distanz (Abstand)
K-S Prob	„Kolmogorov-Smirnov“ - Wahrscheinlichkeit
Kurtosis	„Wölbung“ einer Häufigkeitsverteilung
Max	Maximalwerte
Mean	Mittelwert
Median	Wert, unter/ über welchem 50% aller Messwerte liegen
Min	Minimumwerte
Missing	fehlend
Multiple	verschieden
Pairwise	paarweise
Procedure	Vorgehensweise
P - Wert	widerlegt oder bestätigt die Nullhypothese
Range	Bereich/ Umfang
Size	Wert
Skewness	„Schiefe“ einer Verteilung
Std Dev	Standardabweichung
Std Error	Standardfehler
Sum of Squares	Summe der Quadrate
Sum	Summe
SWilk Prob	„Shapiro-Wilk“ - Wahrscheinlichkeit

8 Literaturverzeichnis

American Public Health Association (1985) Standard methods for the examination of water and wastewater. *Port City Press, Baltimore, USA*, S.862-864.

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

Becker P, Hufnagle W, Peters G, Herrmann M (2001) Detection of differential gene expression in biofilm-forming versus planktonic populations of *Staphylococcus aureus* using micro-representational-difference analysis. *Appl Environm Microbiol* 67:2958-2965.

Behringer W, Jatzwauk L (2001) Eine neue Methode zur effektiven Entkeimung des Wassers von Dentaleinheiten. *ZWR* 110[10]:671-674.

Blake GC (1963) The incidence and control of infection in dental spray reservoirs. *Br Dent J* 115:412-416.

Borneff M (1981): Anodische Oxidation zur Trinkwasserdesinfektion. Bakteriologische Untersuchungen bei Praxiseinsatz. *Gas- und Wasserfach* 122:141-146.

Borneff, M. (1986) Hygiene-Probleme in der zahnärztlichen Praxis unter besonderer Berücksichtigung der Dentaleinheiten. *Zbl Bakt Hyg B* 183:130-152.

Borneff, M (1989) Legionellen-Vorkommen in Dentaleinheiten und Konsequenzen für die Praxishygiene. *Zbl Bakt Hyg B* 187:295-311.

Colbourne JS, Pratt DJ, Smith MG, Fischer-Hoch SP, Harper D (1984) Water fittings as source of *Legionella pneumophila* in a hospital plumbing system. *Lancet* 1:210-213.

Exner M, Haun F, Kocikowski R (1981) Zahnärztliche Einheiten als Kontaminationsquelle für *Pseudomonas aeruginosa*. *Dtsch Zahnärztl Z* 29:819-824.

Gräf W, Vollmuth G (1977) Die konstruktionsbedingte Keimübertragung durch Inneninfektion von Dentalturbinen. *Zbl Bakt Hyg* 165:444-457.

Hübner NO, Fleßa S, Jakisch R, Assadian O, Kramer A (2012) Review of indicators for cross-sectoral optimization of nosocomial infection prophylaxis – a perspective from structurally- and process-oriented hygiene. *GMS Krankenhhyg Interdiszip* 7, Doc 1:1-13

Jatzwauk L, Reitemeier B (2002) A pilot study of three methods for the reduction of bacterial contamination of dental unit water systems in routine use. *Int J Environ Health* 204:303-308.

Kisteman T, Völker S, Vogel S, Gebel J (2011) Hygienisch-mikrobiologische Probleme wasserführender Bedienungselemente von Dentaleinheiten – Teil 1: Minireview. *HygMed* 36[5]:191-197.

Kramer A, Koburger T, Taube LD, Menzel M, Meyer G, Assadian O (2012) Evaluation of the PotoClean[®] decontamination technology for reprocessing of water supply lines in dental units during routine work. *GMS Krankenhhyg Interdiszip* 7, Doc10:1-8.

Kraut W (2006) Erprobung verschiedener Verfahren zur Reduktion der Keimzahl im Kühl- und Betriebswasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Med Diss.

KRINKO: Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention

Kumar S, Atray D, Paiwal D, Balasubramanyam P, Duraiswamy P, Kulkarni S (2010) Dental unit waterlines: source of contamination and cross-infection. *J Hosp Infect* 74:99-111.

Michel R, Borneff M (1989) Über die Bedeutung von Amöben und anderen Protozoen in wasserführenden Systemen von Dentaleinheiten. *Zbl. Hyg. Bakt. B* 187:312-323.

Montebugnoli L, Chersoni S, Prati C, Dolci G (2004) A between-patient disinfection method to control water line contamination and biofilm inside dental units. *J Hosp Infect* 56:297-304.

O'Donnell MJ, Tuttlebee CM, Falkiner FR, Coleman DC (2005) Bacterial contamination of dental chair units in a modern dental hospital caused by leakage from suction system hoses containing extensive biofilm. *J Hosp Infect* 59:348-360.

O'Donnell M, Boyle M, Swan J, Russell RJ, Coleman DC (2009) A centralized, automated dental hospital water quality and biofilm management system using neutral Ecasol TM maintains dental unit waterline output at better than potable quality: A 2 - year longitudinal study. *Journal of Dentistry* 37:748-762.

Pankhurst CL, Coulter WA (2007) Do contaminated dental unit waterlines pose a risk of infection? *Journal of Dentistry* 35:712-720.

Peters E, McGaw WT (1996) Dental unit water contamination. *J Can Dent Assoc* 62:492-495.

Pfaff BL, Michels MA, Dreves NK, Marnach KM (2006) Implementation of Guidelines To Monitor Dental Unit Water Quality. *Am J infect contr. AJIC; official publication of the Assoc* 34[5]:E149-E150.

Porteous NB, Redding SW, Jorgensen JH (2004) Isolation of non-tuberculosis mycobacteria in treated dental unit waterlines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 98:40-44.

Reinthal FF, Mascher F (1986) Demonstration of *Legionella pneumophila* in dental units. *Zbl Bakt Hyg B* 183:86-8.

Reinthal FF, Mascher F, Stunzner D (1988) Serological examinations for antibodies against Legionella species in dental personnel. *J Dent Res* 67:942-943.

Ricci ML, Fontana S, Pinci F, Fiumana E, Pedna M, Farolfi P, Sabattini MAB, Scaturro M (2012) Pneumonia associated with a dental unit waterline. *Lancet* Vol 379:684.

Robert Koch-Institut (2006): Infektionsprävention in der Zahnheilkunde – Anforderungen an die Hygiene. *Bundesgesundheitsbl* 4:375-394.

Roeder RS, Lenz J, Tarne P, Gebel J, Exner M, Szewzyk U (2010) Long-term effects of disinfectants on the community composition of drinking water biofilms. *Int J Hyg Environ Health* 213:183-189.

Rowland PD, Voorheesville NY(2003) Bacterial Contamination of Dental Unit Waterlines: What is Your Dentist Spraying Into Your Mouth? *Clinical Microbiology Newsletter* 25[10]:73-77.

Singh T, Coogan MM (2005) Isolation of pathogenic Legionella species and legionella-laden amoebae in dental unit waterlines. *J Hosp Infect* 61:257-262.

Szymanska J (2006) Water from Dental Units as a Potential Source of Infection in Patients and a Dental Team – Bacteriological Assessment. *J Hosp Infect* 64:67.

Tanahashi T, Tonami K, Araki K, Kurosaki N (2006) Effects of a small electric current on sterilization of a dental unit water line. *J Med Dent Sci* 53[2]:111-118.

Terzian E, Schneider RE (2008) Management of the Patient With Cystic Fibrosis in Oral and Maxillofacial Surgery. *J Oral Maxillofac. Surg* 66:349-354.

Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001. BGBl. I S. 959 in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. November 2011. BGBl. I S. 2370

Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. November 2011 (BGBl. I S. 2370), die durch Artikel 2 Absatz 19 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist.

UBA-Methode BGBl. 11/2000. Nachweis von Legionellen in Trinkwasser und Badebeckenwasser. S.911-915

Umweltbundesamt (2012). Systemische Untersuchungen von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung. Empfehlung vom 23. August 2012.

Walker JT, Bradshaw DJ, Bennett AM, Fulford MR, Martin MV, Marsh PD (2000) Microbial biofilm formation and contamination of dental-unit water systems in general dental practice. *Appl Environ Microbiol* 66:3363-3367.

Walker JT, Marsh PD (2004) A review of biofilms and their role in microbial contamination of dental unit water systems (DUWS). *International Biodeterioration & Biodegradation* 54:87-98.

Williams HN, Kelley J, Folineo D, Williams GC, Hawley CL, Sibiski J (1994) Assessing microbial contamination of clean water DU and compliance with disinfection protocols. *J Am Dent Assoc* 125:1205-1211.

9 Thesen

1. Das Problem der Keimbesiedlung in wasserführenden Systemen von zahnärztlichen Behandlungseinheiten ist seit den 1960er Jahren bekannt; im Vordergrund steht heute die Besiedlung mit Legionellen und Pseudomonaden.
2. Diese fakultativ pathogenen Mikroorganismen sind in der Lage, einen Biofilm zu erzeugen, welcher ihnen als idealer Nährboden sowie Schutz vor Desinfizienzien dient.
3. Als Übertragungswege wurden unter anderem Inhalation über Sprühnebel, Verschlucken von Wasser sowie Inokulation in orale Wunden diskutiert.
4. Als besonders kritisches Patientengut sind Immunsupprimierte, Diabetiker oder Patienten, welche an Cystischer Fibrose erkrankt sind, zu nennen.
5. Diverse Studien zeigten, dass chemische Maßnahmen, wie zum Beispiel die Desinfektion mit H₂O₂-Präparaten, alleinig nicht ausreichen, um eine den Vorgaben des RKI (2006) entsprechende Betriebswasserqualität zu gewährleisten. Das Brauchwasser, sowohl in Neu- als auch in "Alteinheiten", war trotz Desinfektion regelmäßig mit Legionellen belastet.
6. Es ist davon auszugehen, dass im Wasser enthaltene Legionellen vermutlich aus der Hausinstallation stammen.
7. Ziel dieser Studie war es, die Zuverlässigkeit von endständigen Filtern in Neu-, als auch "Alteinheiten" zu untersuchen, teilweise über die angegebene Standzeit vom Hersteller (12 Wochen) hinaus.

8. Nach Filtration konnte gezeigt werden, dass das Betriebswasser die Richtwerte für Legionellen sowie Pseudomonaden nicht überschritt und somit Trinkwasserqualität gewährleistet werden konnte.

9. Als problematisch erwies sich in der Handhabung der Filter, dass sie unter den Betriebsbedingungen älterer Einheiten mit einer Betriebsdauer > 10 Jahren relativ schnell „verstopften“ und somit die Durchflussrate reduziert wurde; als mögliche kritische Folge wäre ein nicht ausreichender Kühleffekt und eine nachfolgende Schädigung der Zahnpulpa durch Überhitzung zu erwähnen; kritisch zu beurteilen ist der Aspekt, dass die Filter z.T. undicht waren und tropften – eine Limitation stellt die Filterkonstruktion selbst dar, die keine endständige Montage erlaubt.

10. Eine insgesamt zufriedenstellende Lösung stellt die Kombination einer chemischen und einer physikalischen Methode – wie gezeigt – jedoch vor allem bei neueren Einheiten dar, die noch nicht über einen massiven Biofilm verfügen.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Sandra Berger
Geburtsdatum: 10.02.1987
Geburtsort: Meerane (Sachsen)
Eltern: Silvia Berger
Andreas Berger
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig
Adresse: Am Wasserturm 16
08371 Glauchau

Schulbildung:

1993 - 1997 Grundschule „Schule am Rosarium“, Glauchau
1997-2005 Georgis-Agricola-Gymnasium, Glauchau
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife (2005)

Studium :

2005 – 2011 Studium der Humanmedizin an der Martin-Luther-
Universität Halle-Wittenberg
08/ 2007 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
10/ 2011 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
11/ 2011 Approbation als Ärztin

Ärztliche Tätigkeit:

ab 4/ 2012 Rudolf-Virchow-Klinikum, Glauchau
Klinik für Innere Medizin I und II

Glauchau, den 13.01.2014

Selbstständigkeitserklärung

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

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

Glauchau, den 13.01.2014

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.

Glauchau, den 13.01.2014

Danksagung

Herzlich 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 Überlassung des Themas und engagierte Unterstützung dieser Arbeit, und die lehrreiche Kritik sowie Lösungsvorschlägen bei Problemen jeglicher Art.

Herrn Dr. Dürr, ehemals wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für Hygiene, für die sehr gute Betreuung dieser Arbeit, zum einen im experimentellen Bereich (Einführung in die Laborarbeit), als auch sehr guten Ratschlägen bei der Niederschrift der Dissertation.

Herrn Professor Wienke, stellvertretender Direktor des Institutes für Medizinische Epidemiologie, Biometrie und Informatik der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg für die unterstützende Hilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Allen Mitarbeitern des Labors für Krankenhaushygiene und Qualitätssicherung (Standort: Ernst-Grube-Straße) für die kompetente Unterstützung sowie Einführung in die experimentelle Arbeit im Labor. Besonders hervorheben möchte ich die Bemühung bei Problem jeglicher Art helfend einzugreifen.

Meinen Eltern, welche mir ein Studium an der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg überhaupt erst ermöglicht haben, die mir jeder Zeit mit Rat und Tat, sowie viel Geduld zur Seite standen und die stets ein offenes Ohr und aufmunternde Worte hatten.