

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

**Untersuchungen zur Verminderung der
mikrobiellen Besiedlung von
wasserführenden Systemen dentaler
Behandlungseinheiten durch Desinfektion
mit Chlor**

Inaugural – Dissertation

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Brands, Kai

aus Bünde

2010

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen – Wilhelms – Universität Münster.

Dekan: Univ.- Prof. Dr. W. Schmitz

1. Berichterstatter: Prof. Dr. W. Mathys

2. Berichterstatter: Prof. Dr. W. Fegeler

Tag der mündlichen Prüfung: 09.12.2010

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Hygiene
-Direktor: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. H. Karch
Referent: Prof. Dr. W. Mathys
Koreferent: Prof. Dr. W. Fegeler

Zusammenfassung

Untersuchungen zur Verminderung der mikrobiellen Besiedlung von wasserführenden Systemen dentaler Behandlungseinheiten durch Desinfektion mit Chlor
Brands, Kai

In dieser Arbeit wurden die wasserführenden Systeme von dentalen Behandlungseinheiten in 7 Zahnarztpraxen mittels 505 Wasserproben auf die Parameter Koloniezahlen, Legionellen, Pseudomonaden, ATP (Luminometrie), ausgewählte chemische Parameter und den Chlorgehalt untersucht. Des Weiteren wurden mit Hilfe eines Fragebogens weitere Parameter bezüglich der Vorbehandlung des Wassers und der technischen Ausrüstung der Einheiten erhoben. Vor Beginn der Desinfektionsphase wurde der Richtwert des RKI (100 KBE/ml) regelmäßig extrem überschritten (teilweise > 500.000 KBE/ml). In drei Proben wurde *Legionella bozemanii* und in einer Probe *Pseudomonas aeruginosa* nachgewiesen. Mehrfunktionsspritze und Turbine waren deutlich höher kontaminiert als der Mundglasfüller. Nach Etablierung einer Chlorung durch elektrochemische Aktivierung verminderten sich die Besiedlungen deutlich, wobei der Erfolg in den einzelnen Praxen sehr unterschiedlich war. Die Ergebnisse verdeutlichen die Wichtigkeit und Effektivität einer kontinuierlichen Desinfektion, aber auch die Notwendigkeit der Erarbeitung von Spülplänen und Protokollen als Teil eines umfassenden Hygienekonzeptes denn nur so ist es möglich, Wasser mit einer den Richtlinien des RKI genügenden Qualität zu erhalten, und das Gesundheitsrisiko durch Behandlungswasser auf ein akzeptables Niveau zu reduzieren.

Tag der mündlichen Prüfung: 09.12.2010

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Wasser in der zahnärztlichen Behandlung	1
1.2 Biofilm im Schlauchsystem dentaler Behandlungseinheiten	2
1.3 Bakterieninfektion durch Behandlungswasser	4
1.4 Ziel dieser Arbeit	5
2 Material und Methode	6
3 Ergebnisse	21
3.1 Mikrobiologische Auswertung vor Desinfektion	21
3.2 Mikrobiologische Auswertung nach Desinfektion	28
3.3 Vergleich vor-, direkt nach-, und zum Ende der Desinfektion	32
3.4 Endphase der Desinfektion	41
3.5 Ergebnisse der Wasseranalyse	41
4 Diskussion	42
4.1 Die Keimproblematik des dentalen Behandlungswassers	42
4.2 Übertragung von Mikroorganismen auf Behandlungseinheiten	44
4.3 Desinfektionssysteme für dentales Behandlungswasser	45
4.4 Vergleich der Ergebnisse	49
5 Literaturverzeichnis	54
Anhang: Tabelle der ermittelten Werten	I-XVI
6 Danksagung	65
7 Tabellarischer Lebenslauf	66

Abkürzungsverzeichnis

µm	Mikrometer
°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
ADA	American Dental Association
ATP	Adenosintriphosphat
bzw.	Beziehungsweise
d.h. das heißt	
DNS	Desoxyribonukleinsäure
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas – und Wasserfaches
ECA	elektro – chemisch – aktiviert
EPS	Extrazelluläre polymere Substanz
et al.	et alii
Fa.	Firma
g	Gramm
KBE	kolonienbildende Einheiten
<i>L. bozemanii</i>	<i>Legionella bozemanii</i>
<i>L. pneumophila</i>	<i>Legionella pneumophila</i>
m	Meter
mg	Milligramm
ml	Milliliter
mM	milli Mol
mod.	modifiziert
n	Anzahl
N	Normal
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
ppb	parts per billion
ppm	parts per million
RKI	Robert Koch Institut
S	Streptococcus
s.	siehe
s.o.	siehe oben
sog.	sogenannt
Tab.	Tabelle
THM	Trihalogenmethane
TrinkwV.	Trinkwasserverordnung
u.v.m.	und viele mehr
USA	United States of America
UV	Ultraviolett
Vol.-%	Volumenprozent

1 Einleitung

1.1 Wasser in der zahnärztlichen Behandlung

Wasser wird während der zahnärztlichen Behandlung in vielfältiger Weise als Kühl- und Spülmedium benötigt [45]. Bakterien des Biofilms, die teilweise in sehr hohen Konzentrationen das Schlauchsystem verlassen [60,109], können für den menschlichen Organismus gesundheitsschädlich sein und schwere Infektionen auslösen [34,46,48,78,103,118].

In den Behandlungseinheiten ist ein verzweigtes Schlauchsystem integriert, welches mit Wasser von einer zentralen Wasserversorgung gespeist wird und dieses zu den einzelnen Instrumenten leitet. Zumeist sind dies die Mehrfunktionsspritze, die Turbine, die Winkelstücke, der Scaler auf der Seite des Zahnarztes und der Mundglasfüller auf der gegenüberliegenden Seite.

Die heutigen Behandlungseinheiten fallen unter die Europäische – Medizin – Geräte – Verordnung, welche die technische Sicherheit der Geräte überwacht [3]. Je nach Hersteller und Größe der Einheit sind sie mit vielen modernen Instrumenten ausgestattet, die für einen komfortablen Behandlungsablauf sorgen sollen. Darüber hinaus haben sich manche Hersteller bereits der durch Biofilm bedingten Keimproblematik des Behandlungswassers gestellt und vollautomatische Reinigungssysteme in die Einheiten integriert [18,20].

Die Keimproblematik des Behandlungswassers ist bereits seit 1963 bekannt [11] und wurde bis heute von zahlreichen Studien bestätigt. Dennoch scheinen die mikrobiellen Gefahren in der Praxis weitestgehend unbekannt zu sein. Ferner kommen mangelnde Einsicht seitens mancher Zahnärzte und zahnmedizinischer Fachangestellter oder falsche Anwendungen von Desinfektionssystemen erschwerend hinzu [55].

1.2 Biofilm im Schlauchsystem dentaler Behandlungseinheiten

Biofilm ist sehr gut organisiert und kommt häufig in der Natur vor [102]. Er besteht zum größten Teil aus Wasser (50 - 95 %), in dem vier Komponenten vorkommen: Mikroorganismen, extrazelluläre polymere Substanzen (EPS), eingelagerte Partikel und gelöste Stoffe. Die organische Masse des Biofilms besteht, bezogen auf die Trockenmasse, zu 60 - 98 % aus EPS. Biofilme können zur Bildung anaerober Bereiche an der Biofilmbasis führen. Dort können sich dann auch anaerobe Bakterien ansiedeln (Siegert 1998) [97].

Das Schlauchsystem dentaler Behandlungseinheiten, das im kompletten Leitungssystem etabliert ist [102], bietet dem Biofilm einen idealen Lebensraum [9,113].

Gebildet wird der Biofilm ausgehend von Mikroorganismen, die über die zentrale Wasserversorgung die Kunststoffschläuche einer neuen dentalen Behandlungseinheit besiedeln [10,22,23,36,80]. Zu diesen Frühbesiedlern zählen unter anderem *Pseudomonas spp.*, *Pasteurella spp.*, *Moraxella spp.*, *Ochrobactrum anthropi*, *Aeromonas spp.*, *Flavobacterium* und *Acinetobacter spp.*, [106]. Der primäre Biofilm entsteht in einer neuen Behandlungseinheit schon innerhalb von 8 Stunden nach erstem Wasserkontakt [106]. 5 Tage später kann die Gesamtkoloniezahl 200.000 KBE/ml betragen [84]. Nach 6 Monaten ist der Biofilm gereift und das Schlauchsystem massiv mit weiteren Mikroorganismen wie *Stenotrophomonas maltophilia*, *Pasteurella haemolytica*, *Burkholderia pickettii*, *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas acidovorans*, *Aeromonas salmonicida*, *Brevundimonas vesicularis*, *Burkholderia cepacia*, *Psychrobacter phenylpyruvica*, *Pseudomonas putida* verunreinigt [106]. In dieser Phase kann der Biofilm bereits auf eine Stärke von 30 – 50 µm angewachsen sein [118]. Die bakterielle Konzentration des Biofilms beträgt zu dieser Zeit etwa 1×10^5 KBE/ml [69], bis 2×10^5 KBE/ml [9,104]. Dabei werden die gut organisierten Mikroorganismen im Biofilm zur Wasserseite hin mit einer Schutzschicht aus Polysacchariden

abgeschirmt. Innerhalb des gereiften Biofilms sind verzweigte Kanalsysteme enthalten, die den Mikroorganismen als Substratquelle dienen [84]. Durch den mehrschichtigen Aufbau und die äußere Schutzschicht ist es den Mikroorganismen innerhalb des Biofilms möglich, Angriffen von antimikrobiellen Substanzen, Desinfektionsmitteln und Antibiotika zu widerstehen [12,24,84,102]. Über längere Zeiträume [102] können auch Resistenzen gegen diese Mittel entwickelt werden [21,99].

Befindet sich die Behandlungseinheit in zahnärztlichem Gebrauch, kann der Biofilm zusätzlich Mikroorganismen enthalten, die aus der Mundhöhle des Patienten stammen. Diese gelangen durch eine Sogwirkung der dentalen Instrumente wie Turbine und Mehrfunktionsspritze in das Schlauchsystem [75,78,119]. Dazu zählen *Streptococcus sanguis*, *S. mutans / sobrinus*, *S. intermedius*, *S. mitis*, *S. salivarius* [102], *Lactobacillus*, *Bacteroides*, *Veillonella parvula* und *Candida albicans* [103]. In der Biofilmmatrix wurden auch Kristallmaterialien, Korrosionspartikel, Sand, Schlamm oder Blut nachgewiesen [102]. Zu denen am häufigsten aus den Schlauchsystemen isolierten fakultativ pathogenen Bakterien zählen Pseudomonaden und Legionellen [80,89,94,95,102]. Diese werden von dem Biofilm nach und nach an das umgebende Wasser abgegeben und kontaminieren es somit [38,118]. Biofilm kann auch zahnärztliche Instrumente, die Wasser als Kühlmedium durchfließt, schädigen [31,46,64,74].

Des Weiteren tragen Faktoren wie das Material des Schlauchsystems [46,52,102], das Verhältnis von Oberfläche zu Innendurchmesser [2], ungünstige Verwirbelungen des Wassers im Schlauchinneren [100,118], pH – Wert und erwärmtes Wasser, das die meiste Zeit stagniert [9,89,118,100,119], erheblich zu einer Biofilmbildung bei.

1.3 Bakterieninfektionen durch Behandlungswasser

Während der Behandlung können die Mikroorganismen via Aerosol in die Atemwege von Patient, zahnmedizinischer Fachangestellter und Zahnarzt gelangen [20,57,94]. Fachangestellte und Arzt sind stärker gefährdet, da die Expositionszeit mit Aerosol hoch ist und damit das Gesundheitsrisiko steigt [57]. Die größte Gefahr besteht jedoch für immunkomprimierte Patienten, ältere Menschen und Risikopatienten [5,7,8,9,25,34,83].

Neben dem Atmungssystem kann auch der Blutkreislauf betroffen sein. In diesem Fall gelangt das bakteriell verunreinigte Behandlungswasser in flüssiger Form oder wiederum als Aerosol in die Mundhöhle des Patienten und benetzt die Mundschleimhaut oder eventuell frisch gesetzte Wunden, die während der Behandlung oder bei chirurgischen Eingriffen entstehen [46,66,80,84].

Durch das Absterben gramnegativer Bakterien im Biofilm oder Kühlwasser werden Endotoxine freigesetzt, die wiederum eine Gesundheitsgefährdung darstellen können [16,121,124].

Viele Autoren sind sich darüber einig, dass von Behandlungswässern ein erhöhtes Gesundheitsrisiko ausgehen kann [2,5,20,41,62,66,71,79,87,118].

Die mehrfach nachgewiesenen hohen Gesamtkoloniezahlen, die pathogenen Bakterienspezies und die daraus resultierenden Erkrankungen, verdeutlichen die Gefahren, die von dentalem Verbrauchswasser ausgehen und zeigen, dass Hygienemaßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität zwingend erforderlich sind, um das Gesundheitsrisiko für den Patienten, die zahnmedizinische Fachangestellte und den Zahnarzt zu senken.

1.4 Ziel dieser Arbeit

In zahlreichen Studien wurden bereits Desinfektionssysteme getestet und es wurde zumeist eine gewisse Effektivität in der Biofilmkontrolle und Gesamtkoloniezahlreduzierung nachgewiesen. Es zeigte sich aber auch, dass einige Desinfektionsmittel einen eingeschränkten Anwendungsbereich hatten oder deren Wirkung nicht lange anhielt, so dass nicht alle Keime aus dem Leitungssystem eliminiert werden konnten oder diese schnell wieder mit Mikroorganismen besiedelt wurden. Andere erwiesen sich zwar als effektiv, aber als gesundheitsschädlich oder führten zu Korrosionen am Material [6,30,35,44,55,72,102,119].

Diese Nachteile darf ein optimales Desinfektionsmittel möglichst nicht aufweisen. Außerdem sollte die Anwendung weder aufwändig, noch sehr zeitintensiv und vor allem nicht teuer, aber dennoch möglichst effektiv sein.

Zu diesem Zweck wurde in dieser Studie, das in der Zahnmedizin noch nicht so bekannte Desinfektionsmittel EcasolTM eingesetzt, um dessen Wirkung und Nebenwirkung zu erfassen.

Dazu wurden vor, während und zum Ende einer Desinfektionsphase Wasserproben von verschiedenen Instrumenten wie Mehrfunktionsspritze, Turbine und Mundglasfüller entnommen und auf Gesamtkoloniezahl und spezielle Erreger untersucht, wie Legionellen und Pseudomonaden.

Verschiedene Parameter der Praxen, wozu Standort, Fabrikat, Baujahr, Wasserversorgung, Desinfektionssystem, Wasserenthärtung, Material des Leitungssystems, Kosten und Besonderheiten zählten, wurden berücksichtigt.

Das Resultat sollte zeigen, wie hoch die Kontamination von dentalem Behandlungswasser ohne Kontrollmaßnahmen ist und ob die hier durchgeführten Desinfektionsmaßnahmen erfolgreich verlaufen und in der Praxis eingesetzt werden können.

2 Material und Methode

Probenentnahmeorte

Innerhalb des Zeitraumes von März bis Mai 2008 wurden insgesamt 505 Wasserproben aus 7 verschiedenen Zahnarztpraxen an genau definierten Entnahmeorten gewonnen.

Drei der Praxen stammten aus dem Kreis Münster, davon war eine Praxis in der Innenstadt von Münster, eine in Münster – Hilstrup und eine in Münster – Wolbeck niedergelassen. Des Weiteren wurden noch vier Praxen außerhalb von Münster beprobt, wobei eine aus Greven, eine aus Bergkamen und zwei aus Lünen stammten.

Die Beprobung wurde in drei Phasen unterteilt:

1. **Phase:** Repräsentierte die Wasserqualität wie sie vor Einleitung der Sanierungsmaßnahmen in den Praxen herrschte.
2. **Phase:** Repräsentierte die Wasserqualität direkt nach Einleitung der Sanierungsmaßnahmen
3. **Phase:** Repräsentierte die Wasserqualität zum Ende der Versuchsreihe.

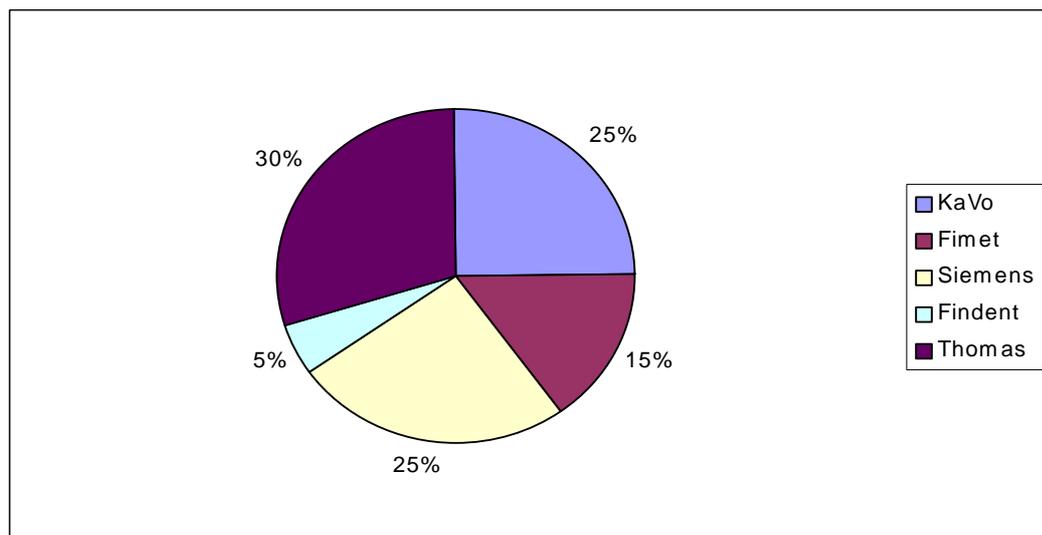


Abb. 1: Verteilung der Hersteller von Behandlungseinheiten in den sieben Praxen

Wie aus Abbildung 1 zu ersehen, waren in den einzelnen Praxen dentale Behandlungseinheiten verschiedener Hersteller installiert.

Individualitäten der einzelnen Praxen:

- **Praxis 2:** Spülte die Schlauchsysteme der Behandlungseinheiten vor Behandlungsbeginn mit Listerine[®].
- **Praxis 5:** Verzichtete auf die Installation von Speibecken in sämtlichen Behandlungsräumen und spülte die Schlauchsysteme der Behandlungseinheiten vor jedem Wochenende mit Bilpron[®], welches über das Wochenende in den Schläuchen verblieb.
- **Praxis 6:** Verfügte im Gegensatz zu den anderen Praxen über einen zusätzlichen Chirurgesaal.
- **Praxis 7:** Spülte die Schlauchsysteme der Behandlungseinheiten regelmäßig mit Dentosept[®].

Inhaltsstoffe der verwendeten Desinfektionsmittel

- **Listerine[®]:** Wasser, Alkohol, Eucalyptol (Eukalyptusöl), Thymol (Bestandteil des ätherischen Öles im Thymian), Menthol, Methylsalicylat, Poloxamer 407, Benzoesäure (Konservierungsmittel), Natrium benzoate (Konservierungsmittel), Caramel.
- **Bilpron[®]:** Gemisch aus Propylenglykol, Parabenen, Biguaniden und Komplexbildnern in wässriger Lösung.
- **Dentosept[®]:** Zubereitung aus 1,41 Vol.-% H₂O₂, 0,25 mg Silber und 0,00036 mg Phosphat pro Liter.

Die Wasserversorgung der dentalen Behandlungseinheiten

Die Wasserversorgung der Behandlungseinheiten erfolgte auf drei verschiedenen Wegen:

1) Anschluss der Einheiten an die zentrale Wasserversorgung (= ein Leitungssystem für alles). Dieses war bei den Praxen 1, 6, 7 der Fall, wobei letztere über 2 Einheiten verfügte, die eine gesonderte Spülmöglichkeit am Stuhl besaßen, wodurch ein relativ hoher Wasserverbrauch resultierte. Soweit wie möglich fanden sporadische Spülungen der Dentaleinheiten mit Wasserstoffperoxid oder Peressigsäure statt.

2) Anschluss der Behandlungseinheiten an ein gesondertes Leitungsnetz, welches nur die Dentaleinheiten mit Wasser versorgte. Hierzu zählten die Praxen 2, 3 und 4, wohingegen Praxis 2 über eine und die beiden anderen Praxen über zwei Einheiten verfügten, die eine gesonderte Spülmöglichkeit am Stuhl besaßen, wodurch ein deutlich geringerer Wasserverbrauch hervorgerufen wurde. Sporadische Spülungen der Dentaleinheiten wurden in den einzelnen Praxen nach Möglichkeit mit Wasserstoffperoxid, Peressigsäure, Listerine® oder Kombinationspräparaten aus Biguaniden und Natriumtosylchloramiden durchgeführt.

3) Vollständige Trennung der Dentaleinheiten von der zentralen Wasserversorgung (eine sog. separate Wasserversorgung, teils unter Verzicht von Speibecken). Bei Praxis 5 erfolgten bisher Entnahmen von gewöhnlichem Leitungswasser aus einem Wasserhahn und Abfüllung in 1,5 l – Kunststoffflaschen. Eine Spülung der Dentaleinheiten war mindestens 1 x wöchentlich mit Bilpron® vorgesehen.

Tab. 1: Ausstattung der sieben getesteten Immobilien/ Praxen

Praxis	Standort	Immobilie	Anzahl der Zimmer	Hersteller der Einheiten	Baujahr der Einheiten	Anschluss an die zentr. Wasserversorgung	Integriertes Desinfektionssystem	Material der Rohre des Hauses	Wasserenthärtung
1	Bergkamen	Mehrfamilienhaus	3	KaVo KaVo KaVo	1992 1988 1992	ja ja ja	nein nein nein	Cu	nein
2	Hiltrup	Mehrfamilienhaus	3	F1 – Fimet F1 – Fimet F1 – Fimet	2001 1996 1996	nein ja ja	ja nein nein	Cu	ja
3	Münster	Mehrfamilienhaus	3	Siemens Siemens Findent	1986 1986 1999	ja ja ja	nein nein nein	unbekannt (Neubau)	ja
4	Münster	Mehrfamilienhaus	4	KaVo Thomas Thomas KaVo	1979 2006 2006 1979	ja ja ja ja	nein nein nein nein	Cu/ PVC	ja
5	Lünen	Mehrfamilienhaus	4	Heka Heka Heka Heka	2001 2001 2001 2004	nein nein nein nein	ja ja ja ja	Cu	ja
6	Lünen	Mehrfamilienhaus	5	Thomas Thomas Thomas Thomas Planmeca	2004 2004 2004 2005 2002	ja ja ja ja ja	nein nein nein nein nein	unbekannt	nein
7	Greven	Mehrfamilienhaus	3	Siemens Siemens Siemens	2002 1997 1992	nein nein nein	ja ja ja	Cu	ja

Probenentnahme

Es wurden mittels sterilen 10 ml Entnahmeröhrchen der Firma Sarstedt zweimal wöchentlich an sieben festgelegten Entnahmestellen Wasserproben entnommen. Dieses geschah ohne weitere Manipulationen wie z.B. abflammen oder desinfizieren jeweils Montags vor Arbeitsbeginn am Mundglasfüller, der Turbine (falls nicht vorhanden, an einem roten Winkelstück) und an der Mehrfunktionsspritze zweier Behandlungszimmer. Als Referenz diente noch eine Probe von der zentralen Wasserversorgung, wenn möglich direkt am Rohrleitungseingang ins Gebäude, ansonsten am nächst gelegenen Waschbecken.

Die Mehrfunktionsspritze wurde zweimal beprobt, jeweils direkt und nach einer Minute Ablaufzeit. An Freitagen wurde das Procedere wiederholt, jedoch entfiel hierbei die Beprobung der Mehrfunktionsspritze nach einer Minute.

Um eventuelle Chlorrestbestände aus den Leitungen, die möglicherweise eine Verfälschung des Ergebnisses zur Folge haben könnten, zu neutralisieren, befand sich in jedem Entnahmeröhrchen 0,1 ml einer 0,1 N Natriumthiosulfat – Lösung als Entthemmer.

Die Proben wurden direkt von den Praxen in das Institut für Hygiene zur Weiterverarbeitung gebracht oder im Kühlschrank zwischengelagert, sofern die Verarbeitung erst am nächsten Tag erfolgen konnte.

Probenverarbeitung

Jede der 505 Proben wurde auf die Gesamtkoloniezahl, den ATP – Gehalt und die fakultativ pathogenen Keime *Legionella* und *Pseudomonas* untersucht.

Die Wasserproben wurden zunächst gut geschüttelt und auf vier verschiedene Nährmedien (alle Nährmedien stammen von der Firma Heipha Dr. Müller GmbH, Eppelheim) pipettiert und verspatelt, wobei es sich im einzelnen um DEV-, R2A-, MWY- und Cetrimid – Agarplatten

handelte. Bei allen Proben wurden dekadische Verdünnungsreihen erstellt, so dass ein Bereich von 0 bis 10^6 KBE/ml erfasst wurde. Der Rest der Proben wurde entweder direkt im Anschluss einer ATP-Messung unterzogen oder im Kühlschrank zwischengelagert, sofern keine sofortige Weiterverarbeitung möglich war.

Bestimmung der Gesamtkoloniezahl

Koloniebildende Einheiten bei 22°C und 23°C

DEV – Agar

(Zusammensetzung pro Liter)

Fleischpepton	10,00g
Fleischextrakt	10,00g
NaCl	5,00g
Agar	16,00g

Zur Bestimmung der Gesamtkoloniezahl wurden jeweils zwei Petrischalen pro Probe mit dem jeweiligen Wasser in einer Verdünnung von 1 : 10 ml beimpft. Danach wurden diese mit jeweils 18 ml verflüssigtem DEV – Agar vermischt. Die Kulturen wurden bei 22°C und bei 36° C für 48 Stunden bebrütet und unter einer 8-fach Lupe ausgezählt.

Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar

R2A-Agar

(Zusammensetzung pro Liter)

Hefeextrakt	0,500g
Pepton	0,500g
Casein Hydrolysat	0,500g
Glucose	0,500g
Stärke	0,500g
K ₂ HPO ₄	0,300g
MgSO ₄	0,024g
Na - Pyruvat	0,300g
Agar	15,000g

Die Beimpfung der R2A – Agar – Platten diene ebenfalls der Ermittlung der Gesamtkoloniezahl.

Die Wasserproben wurden im Ausspatelverfahren mit einer Verdünnung von 1:1000 auf die bereits fertig gegossenen Agarplatten aufgetragen.

Nach sieben Tagen Bebrütungsdauer erfolgte die Auswertung der R2A-Agar-Platten ebenfalls mittels 8-fach-Lupe.

Bestimmung von Legionellen

Bestimmung der Legionellen auf MWY – Agar

Legionella MWY-Selektivagar (mod. Wadowsky Yee)-Selektivagar-Platten

(Zusammensetzung pro Liter)

Aktivkohle	2,00g
Hefeextrakt	10,00g
Aces - Puffer	10,00g
Eisen(III)pyrophosphat	0,25g
L – Cystein	0,40g
α -Ketoglutarat	1,00g
Glycin	3,00g
Polymyxin B	50.000 IE
Vancomycin	1 mg
Anisomycin	80 mg
Brommethylblau	10 mg
Bromkresolpurpur	10 mg
Agar	16,00g

Die Bestimmung der Legionellen erfolgte gemäß ISO 11731 durch Ausspateln von 1 ml Probenwasser auf *Legionella* – MWY – Selektivagar. Die Nährmedien wurden 10 Tage bei 36°C bebrütet und jeweils am 3., 7. und 10. Tag kontrolliert. Verdächtige Kolonien wurden auf Cystein – Abhängigkeit überprüft und mit dem *Legionella* – Latex – Test (Fa. Oxoid Limited, Basingstoke, Hampshire, England) analysiert. Positive Proben, die sich mit dem Oxoid – Test nicht differenzieren ließen, wurden zur

weiteren Typisierung zum Referenzzentrum in Dresden (Dr. Lück) geschickt.

Die MWY – Platten wurden mit der Nährbodenseite nach unten in eine feuchte Kammer gelegt und bei 36°C bebrütet, nach Ablauf von 24 Stunden erfolgte eine Wendung der Platte, so dass die Nährbodenseite nach oben wies.

Die MWY-Platten wurden am 2., 7. und 10.Tag makroskopisch und auflichtmikroskopisch auf Wachstum von Legionellen untersucht.

Columbia-Blutagar

(Zusammensetzung pro Liter)

Spezialpepton	23,00g
Stärke	1,00g
Natriumchlorid	5,00g
Agar	14,00g
Schafsblut	50 ml

***Legionella* BCYE- α -Agar**

(Zusammensetzung pro Liter)

Aktivkohle	2,00g
Hefeextrakt	10,00g
Aces-Puffer	10,00g
Eisen(III)pyrophosphat	0,25g
L – Cystein	0,40g
α -Ketoglutarat	1,00g
Agar	17,00g

Typische Kolonien wurden auf eine Columbia-Blutagar-Platte und eine *Legionella*-BCYE- α -Platte (Fa. Heipha) überimpft.

Legionellen benötigen für ihren Stoffwechsel Cystein, welches im Nährmedium der MWY- und BCYE- α -Platten vorhanden ist und zeigen kein Wachstum auf Blutagar.

Identifizierung von Legionellen / Latextest

Die Identifizierung von *Legionella pneumophila* erfolgte mittels OXOID *Legionella* – Latex – Test (Fa. Oxoid Limited, Basingstoke, Hampshire, England). Das Funktionsprinzip dieses Tests beruht auf Agglutination von Antikörper beladenen, blauen Latexpartikeln mit spezifischen Legionellenzellwand – Antigenen. Aus diesem Grund wird ein schnelles und einfaches Screening der häufigsten pathogenen Legionellatypen möglich. Der Test wird wie folgt durchgeführt: Es wird ein Tropfen des Reagenz der Serogruppe 1 auf ein Feld der Reaktionskarte gegeben, auf das nächste Feld ein Tropfen für die Serogruppen 2-14 und auf das letzte Feld ein Tropfen der Negativkontrolle. Auf die Felder wird außerdem ein Tropfen Puffersuspension geträufelt, wobei sich die Flüssigkeiten der einzelnen Felder nicht berühren dürfen. Mittels einer sterilen Kunststofföse wird aus einer Kolonie Material aufgenommen und auf der Karte zunächst mit der Suspension vermischt. Anschließend wird beides mit dem Reagenz vermischt. Zum Schluss wird die Reaktionskarte vorsichtig kreisförmig bewegt und auf Agglutination überprüft.

Bestimmung von Pseudomonaden

Bestimmung von Pseudomonaden auf Cetrimid - Agar

Cetrimid-Agar

(Zusammensetzung pro Liter)

Pepton aus Gelantine	16,00g
Caseinhydrolysat	10,00g
Magnesiumchlorid	1,40g
Kaliumsulfat	10,00g
Glycerin	10 ml
Nalidixinsäure	15 mg
Cetrimid	0,2 g
Agar	14,00g

Zum Nachweis von *P.aeruginosa* wurde 1 ml, entsprechend der DIN EN 12780, auf Cetrimid – Agar ausgespatelt.

Die weitere Diagnostik erfolgte in Übereinstimmung mit der DIN EN 12780. Analog zur Legionellen – Bestimmung geschah die Bebrütung bei 36°C .

Bei einem Wachstum von Keimen auf Cetrimid – Agar erfolgte als weitere Untersuchung der Fluoreszenstest. *P. aeruginosa* zeigte bei 366nm eine positive Fluoreszenz.

Identifizierung von Pseudomonaden/ Oxidasenachweis

Zum Nachweis von *Pseudomonas aeruginosa* wurde ein Oxidasenachweis mit dem Oxidase – Dropper – Testreagenz (Fa. BD, Franklin Lakes, USA) durchgeführt.

Ein Filterpapierstreifen wurde angefeuchtet, eine Kolonie vom Cetrimid - Agar mit einer sterilen Öse aufgetragen und ein Tropfen Oxdasereagenz aufgetropft. Eine Blaufärbung nach 30 Sekunden war als positiv zu bewerten. Oxidase positive Kolonien, die auf Cetrimid-Agar ein blau-grünes (Pyocyanin) Pigment bildeten, galten als bestätigter *Pseudomonas aeruginosa*. Oxidase positive Kolonien, die auf Cetrimid – Agar ein gelbes Pigment bildeten und fluoreszierten, wurden mit Acetamidnährlösung differenziert. Dazu wurde ein Röhrchen Acetamidnährlösung mit einer Subkultur beimpft und bei $36 \pm 2^\circ\text{C}$ für 20 ± 4 Stunden bebrütet. Danach wurden 1 – 2 Tropfen Nessler Reagenz dazugegeben. Die Produktion von Ammoniak zeigte sich durch die Produktion eines gelben bis ziegelroten Farbstoffes. Oxidase positive Kolonien, die auf Cetrimid-Agar ein rot-braunes (Pyrubin) Pigment bildeten, wurden auf *Pseudomonas*-F-Agar überimpft und für 48 Stunden bei 36°C bebrütet. Mit tels Acetamid erfolgte die Bestätigung auf *Pseudomonas aeruginosa*.

Bestimmung von Biomasse / ATP-Bestimmung

Bestimmung von Biomasse durch Luminotrie

Der ATP – Test wurde mit dem ATP – Test – Kitt (Fa. BioThema AB, Haning, Schweden) und einem Luminometer (Lumino[®], Fa. STRATEC Biomedical Systems AG, Birkenfeld, Deutschland) durchgeführt. Das Gerät ist ein tragbares, sehr sensitives Luminometer, das für alle Messungen mit Einzelküvetten im Bereich Bio – und Chemolumineszenz eingesetzt werden kann.

Zur Bestimmung des intrazellulären ATP werden die Zellen mit Extractant B/S lysiert und das ATP freigesetzt. ATP wird durch das Enzym Luciferin-Luciferase in Licht umgewandelt. Die Stärke des emittierten Lichtes wächst proportional mit der Menge des vorhandenen ATP. Gemessen wird in RLU (Relative Light Units). RLU ist eine eigenständige Einheit und spiegelt die Menge an ATP in der Probe wieder.

Als erstes wurden, nach ausreichendem Schütteln, 50 µl der Probe in ein steriles Glasröhrchen pipettiert, dazu 50 µl des Extractant – Reagenzes Extractant B/S zur Zell-Lyse und 400 µl des ATP – HS – Reagenzes. Nach exakter Dosierung und Mischung wurde das sterile Röhrchen in das Luminometer gegeben und verschlossen. Dort erfolgte die automatische Auswertung durch Messung der Lichtemission. Dieser Vorgang wurde pro Probe dreimal wiederholt. Der Durchschnittswert des Dreieransatzes entsprach dem Abschlussergebnis der Probe, solange die Abweichung der drei Werte nicht mehr als 10 % betrug.

Desinfektionssystem zur Sanierung der Wasserleitungen

Installation des Desinfektionssystems

Die Elektrolyse-Anlage zur Erzeugung von Chlor wurde an die Hauptzuführungsleitung der dentalen Einheiten angeschlossen.

Jede dieser Einheiten verfügte über einen Vorratstank für die konzentrierte Desinfektionslösung, aus dem die mengenproportionale Zugabe des Desinfektionsmittels erfolgte.

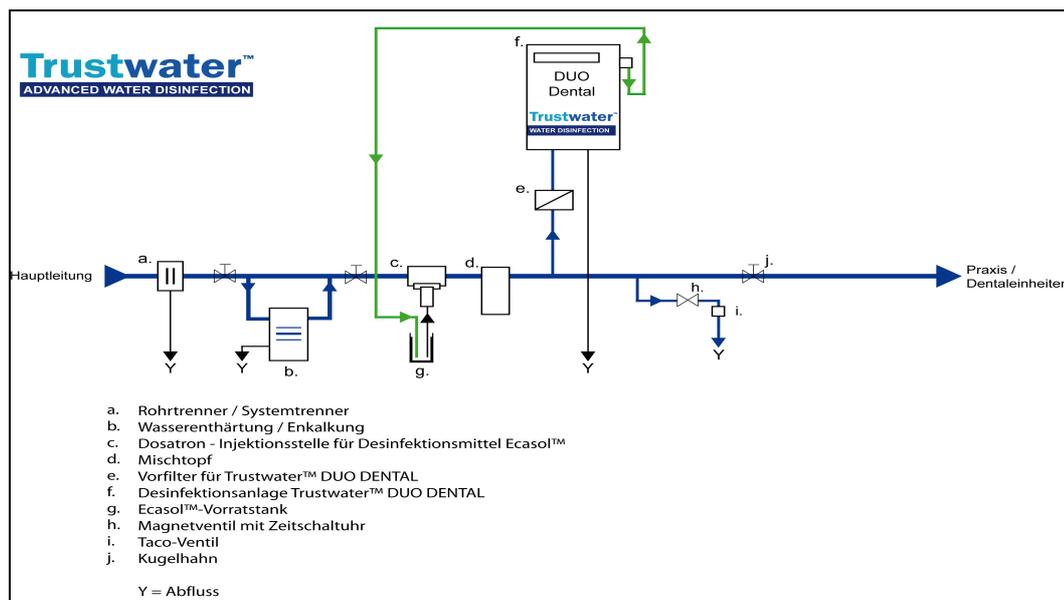


Abb. 2: Schema der Trustwater™- Anlage

Das Desinfektionsgerät

Das Gerät zur Desinfektion (Ecaflo™, Gurtnafleur Business Park, Clonmel, Ireland) des Schlauchsystems der dentalen Behandlungseinheiten beruht auf dem Prinzip der Produktion von Chlor durch Elektrolyse.

Bei dieser Technologie wird durch eine elektrochemische Aktivierung aus Kochsalz und Trinkwasser eine hypochlorige Säure (HOCl) als desinfizierende Substanz hergestellt. Die Trustwater™ - Anlagen (siehe Abb. 2) bestehen aus zwei hydraulisch getrennten Teilen: Produktionsanlage und Dosiereinrichtung. Aus Trinkwasser und Kochsalz wird zunächst eine gesättigte Sole hergestellt, die in einem Vorlagegefäß bereitgehalten wird. Eine Pumpe mit Mischventil verdünnt die Sole mit Trinkwasser auf einen Salzgehalt von 0,1 % bis 0,3 % und fördert sie in die Elektrolysekammern, in denen das Desinfektionsmittel gebildet wird. Das konzentrierte Desinfektionsmittel Ecasol™ wird in einem Vorlagegefäß gesammelt, aus dem es mengenproportional dem vorbeifließenden Wasser zudosiert werden kann. Alternativ können bei Bottle - Systemen die Behälter an der Dentaleinheit mit Trinkwasser, das Ecasol™ enthält, befüllt werden.

Graphische Darstellung der Ergebnisse

Zunächst wurden die durch Auszählung der Nährböden ermittelten Werte (Koloniezahlen) direkt in das Computerprogramm Hytec® (Fa. Tietoenator), zur Erfassung und Archivierung der Ergebnisse eingegeben. Nach Abschluss jeder Beprobungsphase wurden diese Werte in Excel – Tabellen von Windows® (Fa. Microsoft Corporation, Seattle, USA) überführt, um einen Gesamtüberblick des augenblicklichen Zustands zu erhalten.

Die Weiterverarbeitung und letztendliche graphische Darstellung der Daten erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms Statgraphics® 4.0 (Fa. Statpoints Technologies, Inc., Warrenton, Virginia, USA) für Windows®. Die Diagramme wurden zum einen als Standarddiagramm und zum anderen in Form von Box – and – Whisker Plot dargestellt (s. Abb. 3 u. 4).

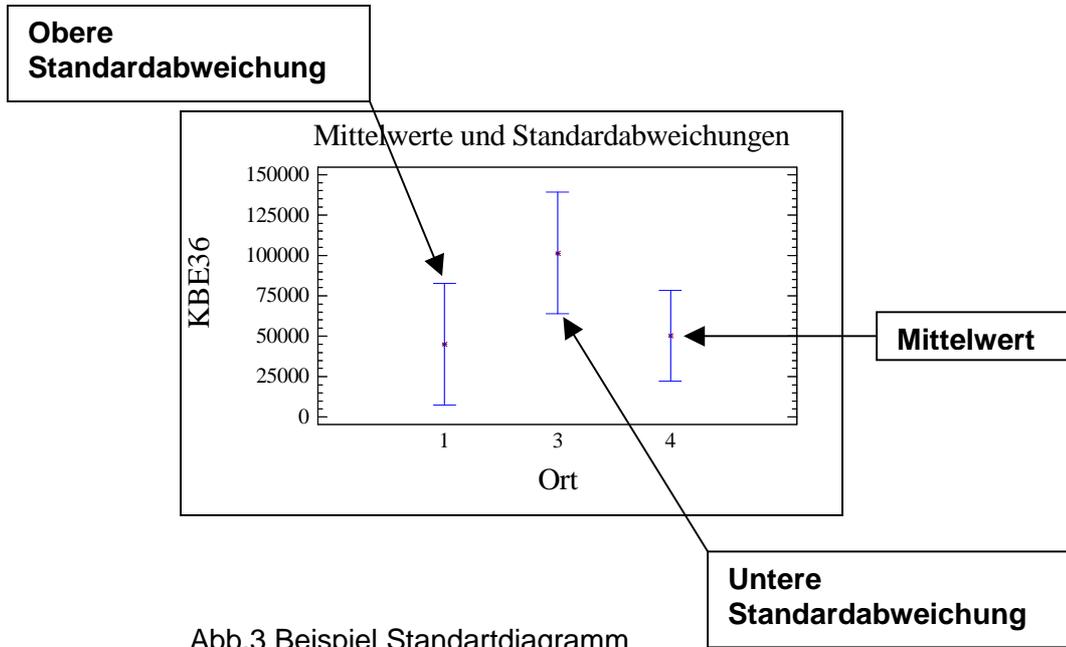


Abb.3 Beispiel Standarddiagramm

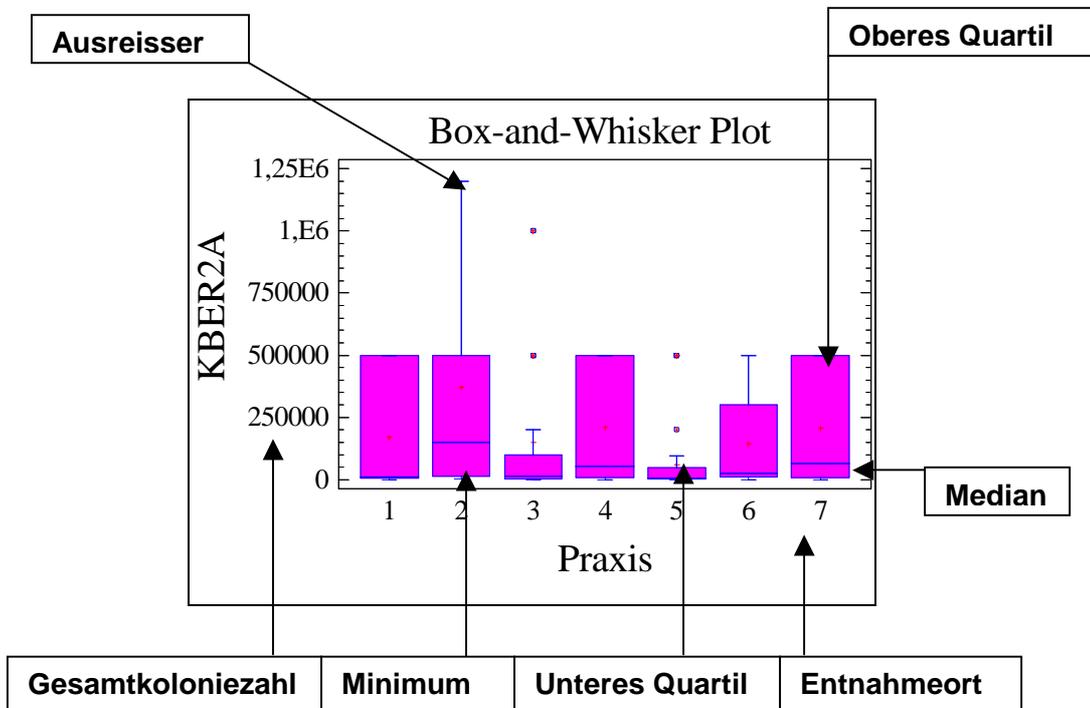


Abb.4 Beispiel Box – and – Whisker Plot

3 Ergebnisse

3.1 Mikrobiologische Auswertung vor Desinfektion

Tab. 2: Mikrobiologische Analysenwerte des Wassers aus zahnärztlichen Behandlungseinheiten von 7 Praxen. Zustand vor Desinfektion, ohne Werte der zentralen Versorgung. Werte in KBE/ml bzw. RLU

		KBE 22	KBE 36	KBE R2A	RLU
Praxis 1	N	42	42	42	18
Praxis 2	N	40	40	40	16
Praxis 3	N	27	27	27	12
Praxis 4	N	40	40	40	16
Praxis 5	N	40	40	40	17
Praxis 6	N	28	28	28	12
Praxis 7	N	40	40	40	20
Praxis 1	Mittelwert	335	391	169.833	10.943
Praxis 2	Mittelwert	113.523	131.845	371.065	198.321
Praxis 3	Mittelwert	41.046	57.191	148.360	8.205
Praxis 4	Mittelwert	44.057	44.028	208.671	56.694
Praxis 5	Mittelwert	26.087	33.750	58.028	11.011
Praxis 6	Mittelwert	226	17.846	142.676	76.975
Praxis 7	Mittelwert	15.003	394	205.856	25.595
Praxis 1	Median	0	18	10.000	6.831
Praxis 2	Median	0	7.800	150.000	58.069
Praxis 3	Median	0	280	13.600	6.509
Praxis 4	Median	0	1.800	54.500	13.492
Praxis 5	Median	1880	1.900	4.650	9.848
Praxis 6	Median	0	620	26.000	38.457
Praxis 7	Median	0	22	66.000	2.117
Praxis 1	Maximum	10.000	4.000	500.000	26.401
Praxis 2	Maximum	500.000	500.000	2.000.000	1.158.560
Praxis 3	Maximum	500.000	500.000	1.000.000	18.989
Praxis 4	Maximum	500.000	500.000	500.000	346.807
Praxis 5	Maximum	160.000	240.000	500.000	27.757
Praxis 6	Maximum	4.800	500.000	500.000	317.260
Praxis 7	Maximum	500.000	2.000	500.000	229.553

Tabelle 3: Mikrobiologische Analysenwerte des Wassers aus zahnärztlichen Behandlungseinheiten aller 7 Praxen. Zustand vor Desinfektion, ohne Werte der zentralen Versorgung. Werte in KBE/ml bzw. RLU

	KBE 22	KBE 36	KBE R2A	RLU
N	259	259	259	111
Mittelwert	35.313	40.843	190.188	54040
Median	0	600	25.000	9888
Maximum	500.000	500.000	2.000.000	1.585.600
Unteres Quartil	0	13	4.300	3019
Oberes Quartil	925	4.000	500.000	27757

Wie den Werten der Abbildungen 5 – 12 zu entnehmen ist, gab es starke Schwankungen bezüglich der Gesamtkoloniezahlen zwischen den einzelnen Praxen. Diese erreichten teilweise extrem hohe Werte von 500.000 KBE/ml bei KBE 22 und KBE 36 (TrinkwV 2001). Bei R2A waren es sogar über 1.000.000 KBE/ml.

Das Ergebnis macht deutlich, dass keine der 7 teilnehmenden Zahnarztpraxen vor Beginn der Sanierungsmaßnahmen die Vorgaben der Deutschen Trinkwasserverordnung 2001 und den Empfehlungen des RKI 1998 und 2006 einhalten konnte (s. Abb.5 – 12).

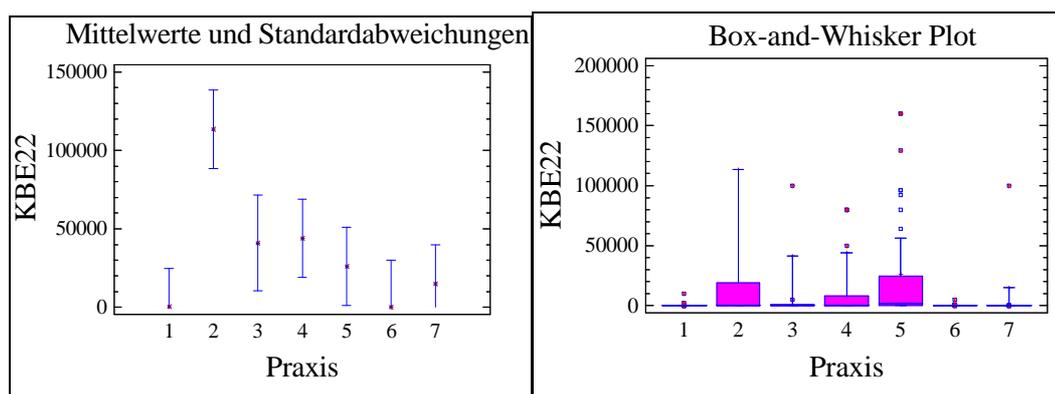


Abb.5+6: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand vor Desinfektion.

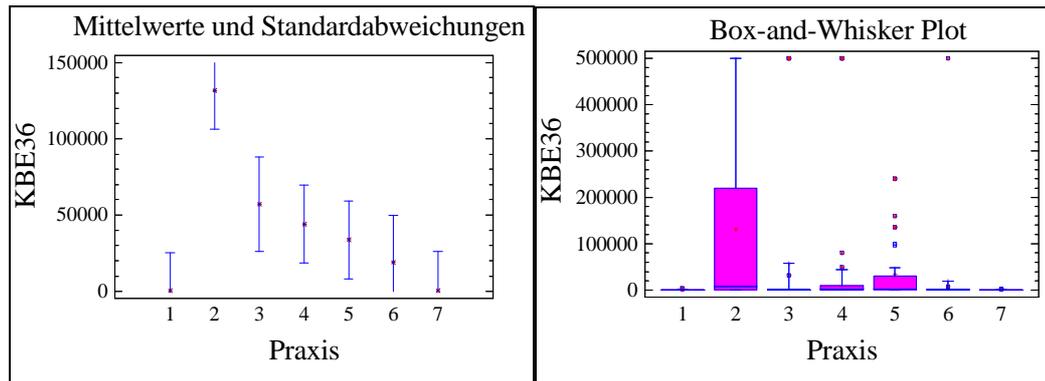


Abb.7+8: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand vor Desinfektion.

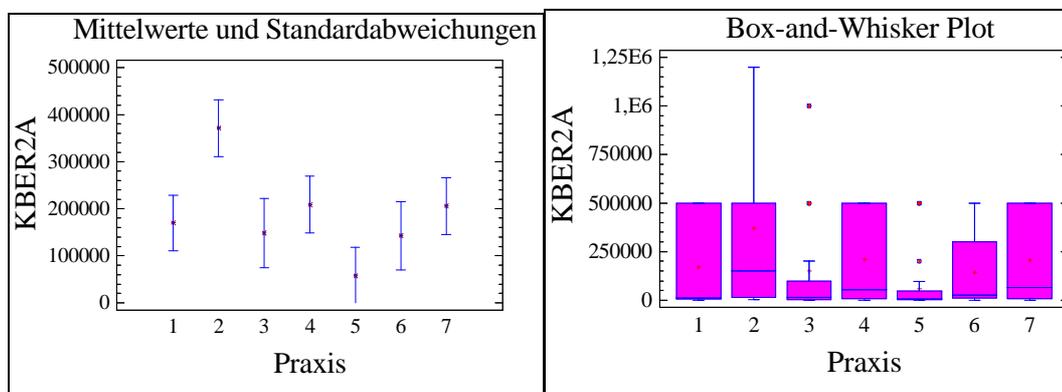


Abb.9+10: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand vor Desinfektion.

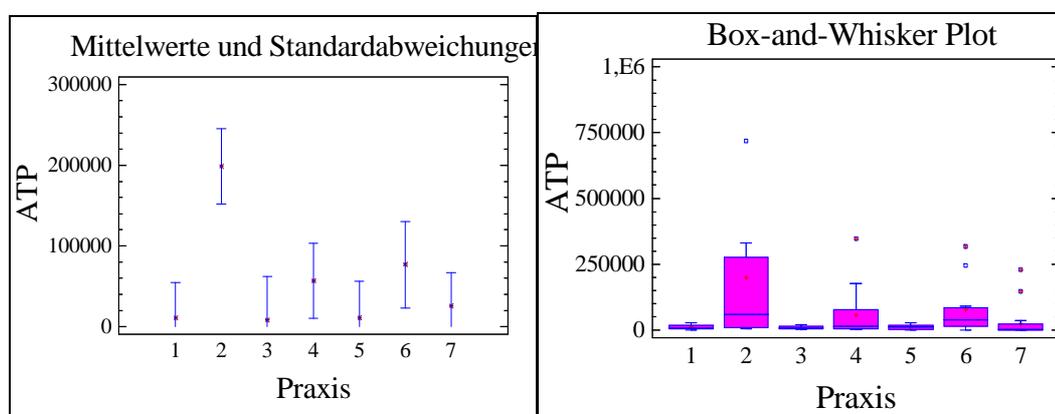


Abb.11+12: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand vor Desinfektion.

Die höchsten Gesamtkoloniezahlen ließen sich bei 3 Zahnarztpraxen im Kreis Münster ermitteln. Des weiteren wurde bei den Praxen 1 – 3 der Erreger *Legionella bozemanii* von den Mehrfunktionsspritzen isoliert und in einer Praxis aus Lünen konnte am Mundglasfüller der Erreger *Pseudomonas aeruginosa* nachgewiesen werden (s. Tab. 4).

Tabelle 4: *Legionella* spp. und *Pseudomonas aeruginosa* im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten von 7 Praxen

	Zustand	Anzahl positiv	KBE/ml	Species	Praxis	Ort
Legionella	Vor Desinfektion	4	2-19	<i>L.bozemanii</i>	1, 2, 3	Mehrfunktionsspritzen
Legionella	Nach Desinfektion	1	25	<i>L.bozemanii</i>	2	Mehrfunktionsspritzen
Pseudomonas	Vor Desinfektion	1	570	<i>P.aeruginosa</i>	6	Mundglasfüller
Pseudomonas	Nach Desinfektion	0	0			

Vergleich der 4 Entnahmestellen vor Desinfektion

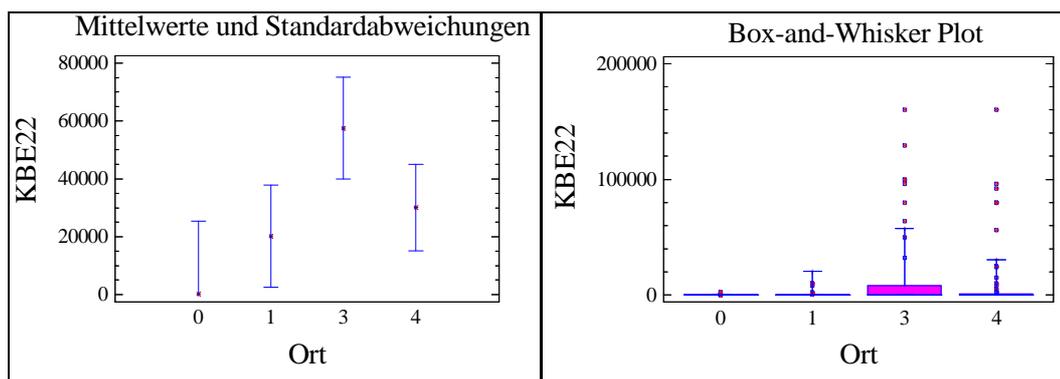


Abb.13+14: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. 0=zentrale Versorgung, 1=Mundglasfüller, 3=Turbine, 4=Mehrfunktionsspritze. Zustand vor Desinfektion.

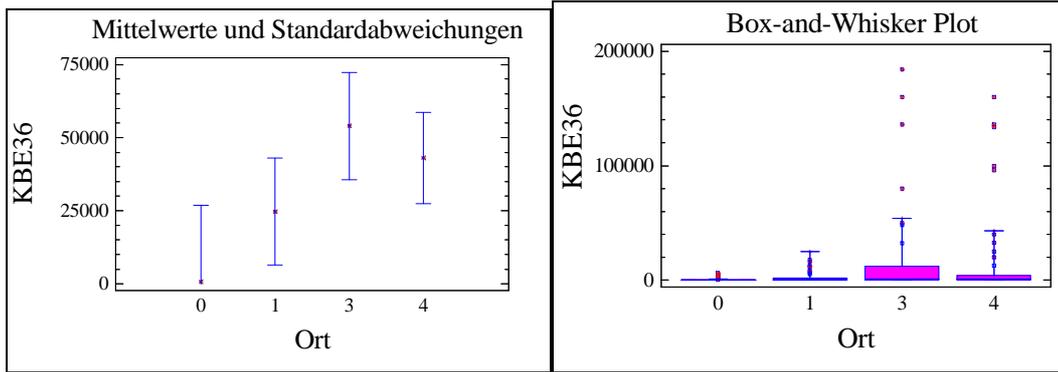


Abb.15+16: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE3 6/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. 0=zentrale Versorgung, 1=Mundglasfüller, 3=Turbine, 4=Mehrfunktionsspritze. Zustand vor Desinfektion.

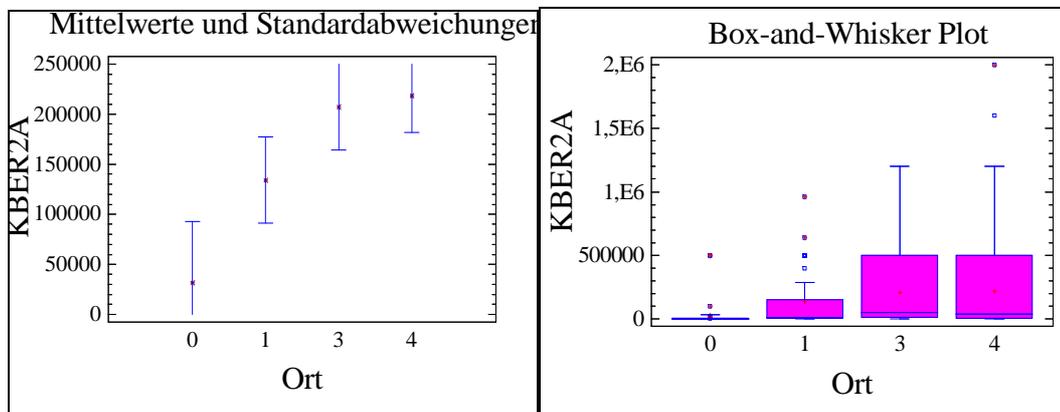


Abb.17+18: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. 0=zentrale Versorgung, 1=Mundglasfüller, 3=Turbine, 4=Mehrfunktionsspritze. Zustand vor Desinfektion.

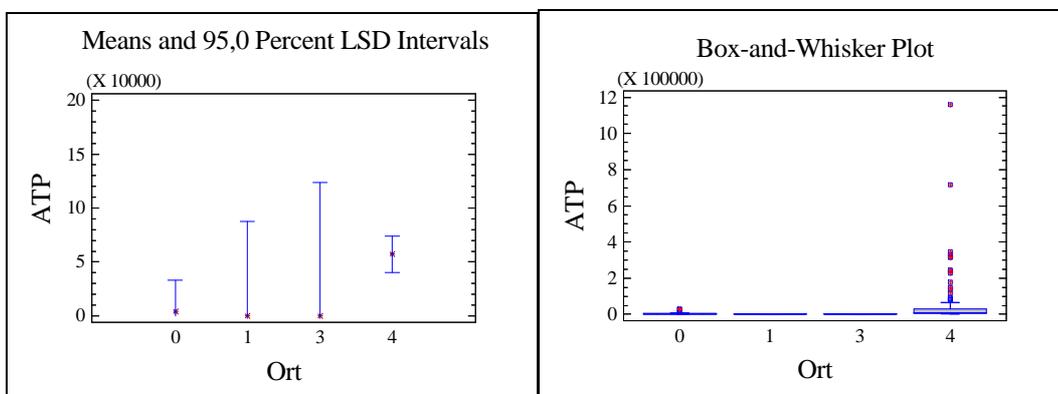


Abb.19+20: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. 0=zentrale Versorgung, 1=Mundglasfüller, 3=Turbine, 4=Mehrfunktionsspritze. Zustand vor Desinfektion

Die Wasserproben der Instrumente mit der niedrigsten Wasserdurchflussrate, die Mehrfunktionsspritze (s. Abb. 17 – 20) und die Turbine (s. Abb. 13 – 16) wiesen vor Desinfektion die höchste Gesamtkoloniezahl auf. Im Gegensatz dazu waren die Proben von Mundglasfüller und zentraler Wasserversorgung mit der höchsten Wasserdurchflussrate am geringsten mit Mikroorganismen kontaminiert.

Vergleich der Wasserqualität vor und nach Durchlauf durch die Behandlungseinheit

Um den Unterschied zwischen der Wasserqualität vor Eintritt in die dentale Behandlungseinheit und nach Austritt zu verdeutlichen, wurden diese Werte miteinander verglichen und graphisch dargestellt (s. Abb. 21 u. 22).

Das Ergebnis zeigte, dass beim Eintritt in die Behandlungseinheiten die Gesamtkoloniezahlen des Wassers als gering angesehen werden konnte und erst nach Aufenthalt im Schlauchsystem der Einheit eine Zunahme der Gesamtkoloniezahl zu beobachten war.

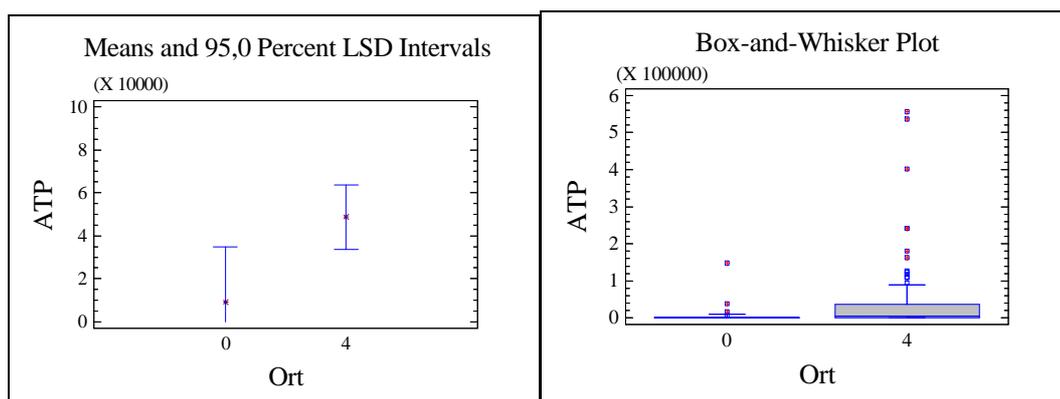
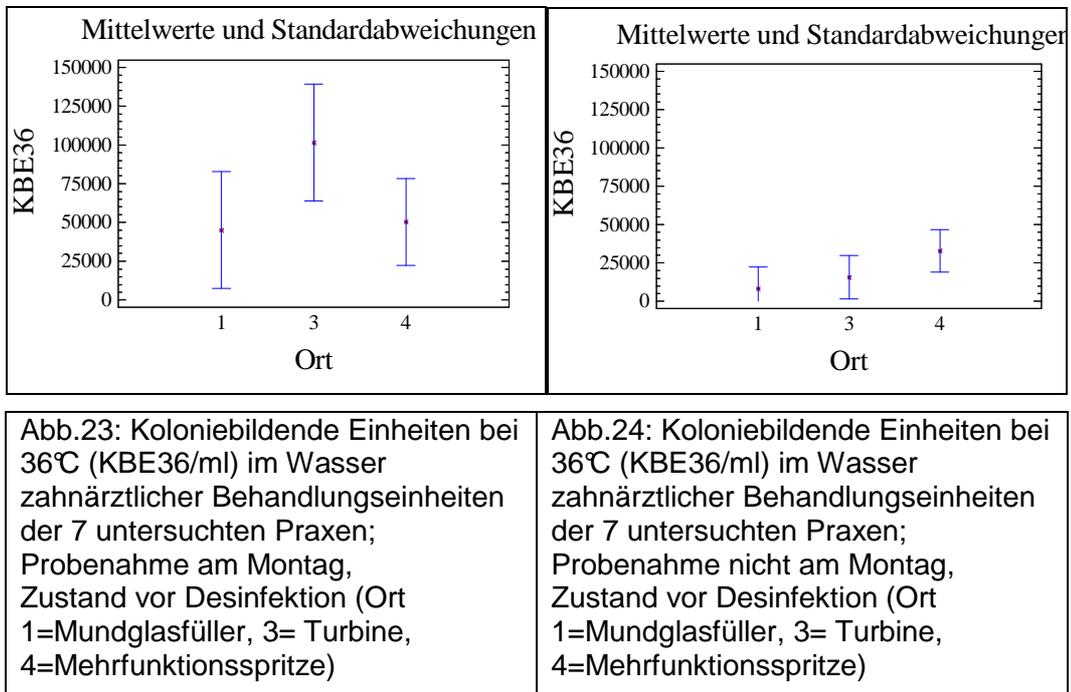


Abb.21+22: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten (4) und der zentralen Wasserversorgung (0) der 7 untersuchten Praxen; Zustand vor Desinfektion.

Vergleich der Montagsproben mit denen anderer Werktage



Anhand der Ergebnisse aus den Abbildungen 22 und 23 ist deutlich zu erkennen, dass zu Wochenbeginn, nach längerer Stagnation, die Wasserproben extreme Spitzenwerte von > 500.000 KBE/ml aufwiesen, wogegen an anderen Werktagen die Keimbelastung deutlich geringer war.

3.2 Mikrobiologische Auswertung direkt nach Desinfektion

Tab. 5: Mikrobiologische Analysenwerte des Wassers aus zahnärztlichen Behandlungseinheiten von 7 Praxen. Zustand nach Desinfektion, ohne Werte der zentralen Versorgung. Werte in KBE/ml bzw. RLU

		KBE 22	KBE 36	KBE R2A	RLU
Praxis 1	N	28	28	28	12
Praxis 2	N	27	27	27	12
Praxis 3	N	28	28	28	12
Praxis 4	N	27	27	27	11
Praxis 5	N	14	14	14	6
Praxis 6	N	30	30	30	12
Praxis 7	N	28	28	28	12
Praxis 1	Mittelwert	<1	<1	4	1856
Praxis 2	Mittelwert	19.037	23.992	233.819	138.489
Praxis 3	Mittelwert	2.929	5.653	173.393	69.433
Praxis 4	Mittelwert	182	970	114.006	5.660
Praxis 5	Mittelwert	71	1.576	75.167	929
Praxis 6	Mittelwert	33.604	51.710	70.479	42631
Praxis 7	Mittelwert	1.858	39.298	223.987	55.006
Praxis 1	Median	0	0	0	1.090
Praxis 2	Median	0	3.200	56.000	59.056
Praxis 3	Median	4	1.350	32.000	30.933
Praxis 4	Median	0	1	290	3.934
Praxis 5	Median	0	0	105	1.109
Praxis 6	Median	0	102	940	6.805
Praxis 7	Median	0	102	57.000	240.747
Praxis 1	Maximum	3	2	33	6971
Praxis 2	Maximum	500.000	500.000	500.000	555.291
Praxis 3	Maximum	40.000	30.000	500.000	400.788
Praxis 4	Maximum	3.000	5.000	500.000	17.842
Praxis 5	Maximum	1.000	10.000	500.000	1.449
Praxis 6	Maximum	500.000	500.000	500.000	240.836
Praxis 7	Maximum	50.000	500.000	500.000	240.747

Tabelle 6: Mikrobiologische Analysenwerte des Wassers aus zahnärztlichen Behandlungseinheiten aller 7 Praxen. Zustand nach Desinfektion, ohne Werte der zentralen Versorgung. Werte in KBE/ml bzw. RLU

	KBE 22	KBE 36	KBE R2A	RLU
N	259	259	259	111
Mittelwert	35.313	40.843	190.188	54.040
Median	0	600	25.000	9.888
Maximum	500.000	500.000	2.000.000	1.585.600
Unteres Quartil	0	13	4.300	3.019
Oberes Quartil	925	4.000	500.000	27757

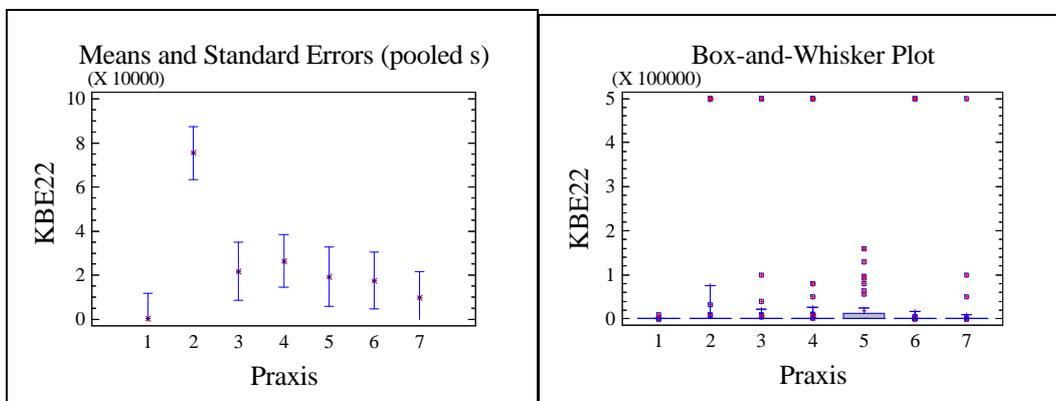


Abb.25+26: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE2 2/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand nach Desinfektion.

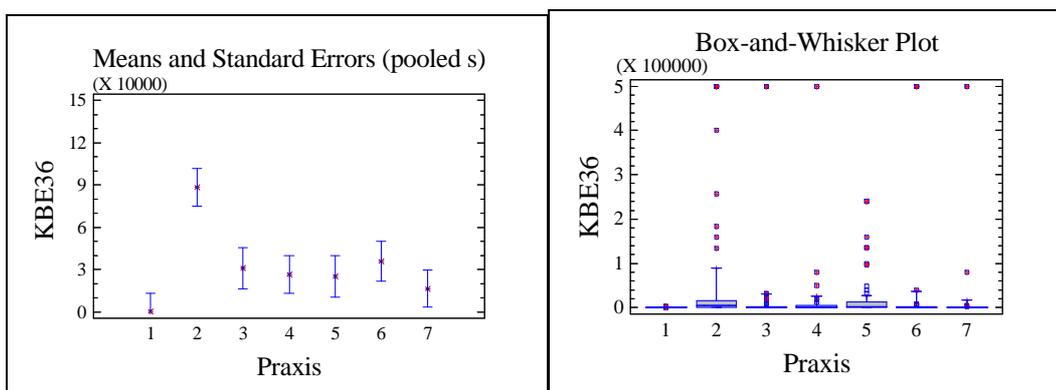


Abb.27+28: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE3 6/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand nach Desinfektion.

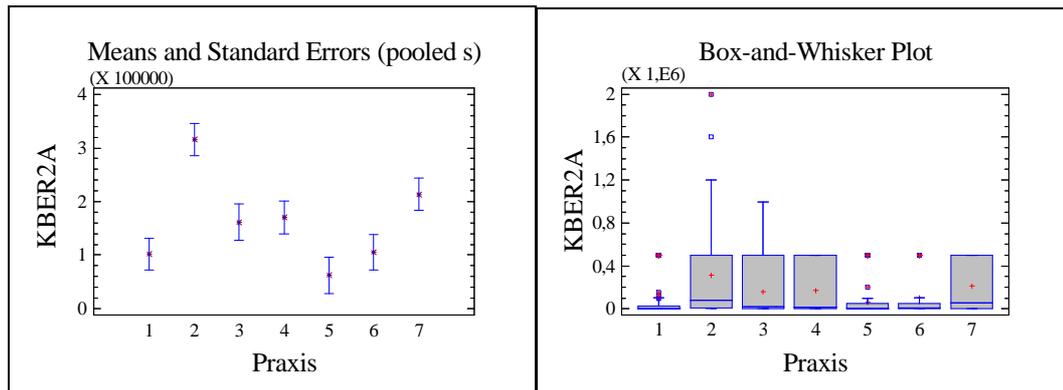


Abb.29+30: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand nach Desinfektion.

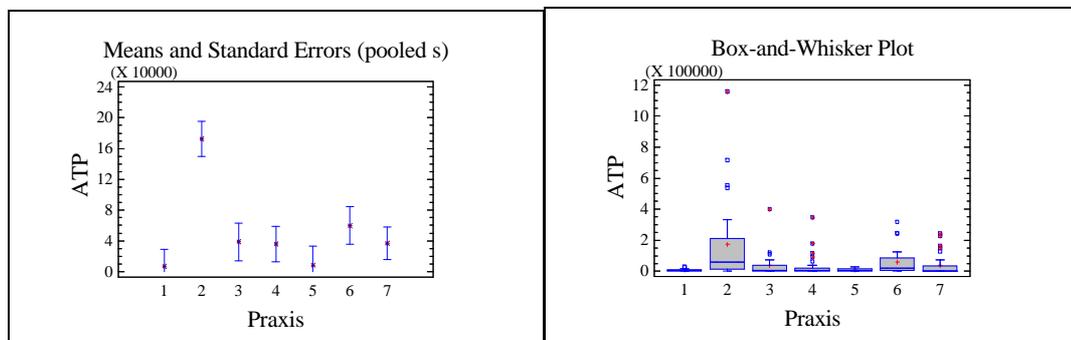


Abb.31+32: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Zustand nach Desinfektion.

Unmittelbar nach Beginn der Desinfektionsmaßnahme stiegen die Gesamtkoloniezahlen in den Praxen 3, 6, 7 etwas an, was auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden konnte. Zum einen gab es zunächst Probleme bei der Installation der EcafloTM Anlage und der damit verbundenen Stosschlorung, zum anderen scheiterte es gelegentlich an der Compliance des Praxispersonals.

In den Zahnarztpraxen 1, 2, 4, 5 wurden die Gesamtkoloniezahlen deutlich reduziert. Einige Tage nach Inbetriebnahme der Wasserdeshinfektion, konnten die Verkeimungen im Allgemeinen reduziert werden (s. Abb. 25 – 32).

Dennoch ließ sich bei Proband 2 *Legionella bozemanii* in einer Konzentration von 25 KBE/ml aus der Mehrfunktionsspritze nachweisen (siehe Tabelle 4).

Vergleich der 4 Entnahmestellen nach Desinfektion

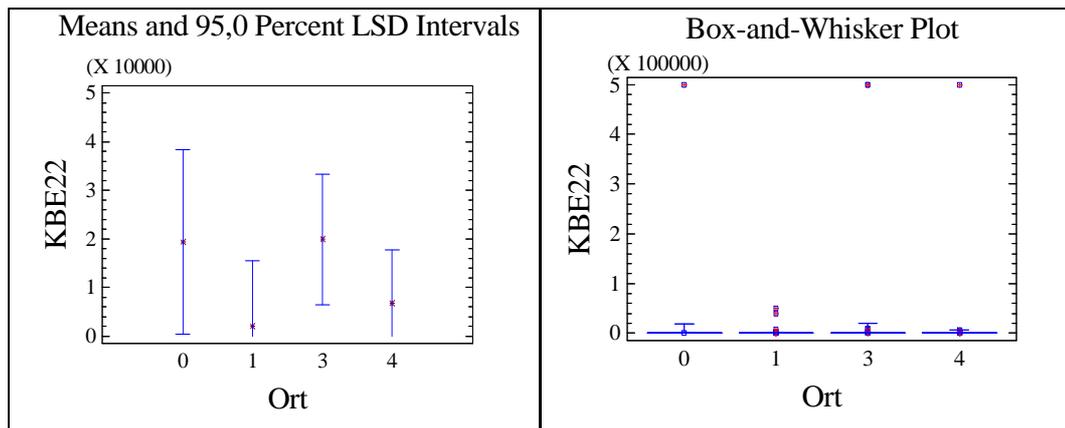


Abb.33+34: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE2 2/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. 0=zentrale Versorgung, 1=Mundglasfüller, 3=Turbine, 4=Mehrfunktionsspritze. Zustand nach Desinfektion.

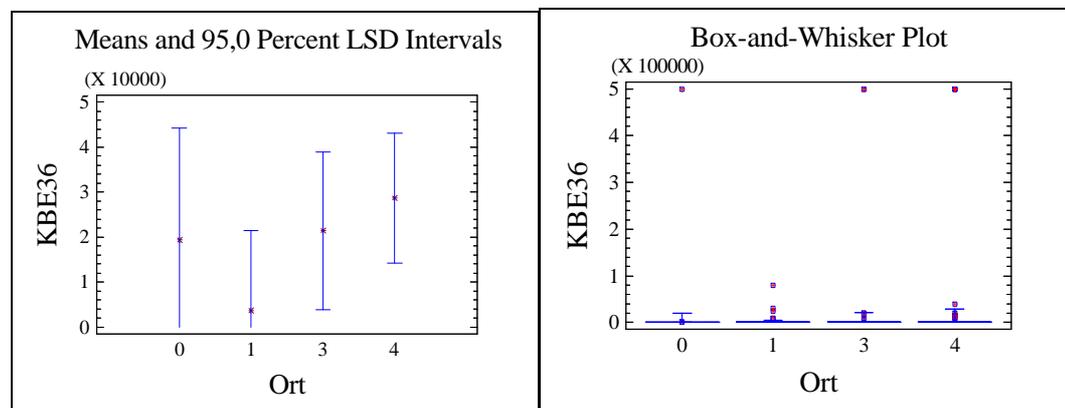


Abb.35+36: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE3 6/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. 0=zentrale Versorgung, 1=Mundglasfüller, 3=Turbine, 4=Mehrfunktionsspritze. Zustand nach Desinfektion.

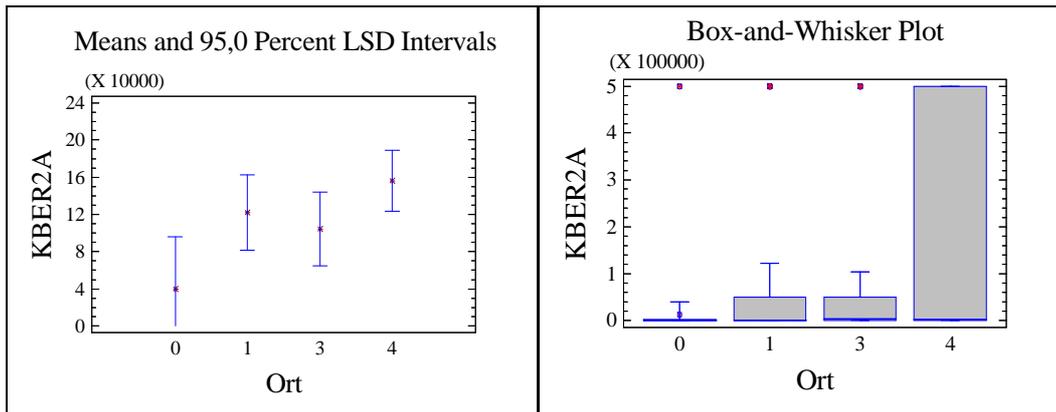


Abb.37+38: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten. 0=zentrale Versorgung, 1=Mundglasfüller, 3=Turbine, 4=Mehrfunktionspritze. Zustand nach Desinfektion.

Vergleicht man die ermittelten Werte der Vordesinfektionsphase mit denen der Nachdesinfektionsphase, so lässt sich insgesamt eine Reduzierung der Gesamtkoloniezahl verzeichnen. (s. auch Abb. 13 – 20).

Die Intensität war am höchsten an den Instrumenten mit der höchsten Wasserdurchflussrate, weniger erfolgreich war dagegen der Erfolg an denen mit geringerem Durchfluss. (s. Abb. 33 u. 34).

3.3 Vergleich vor-, direkt nach- und zum Ende der Desinfektion

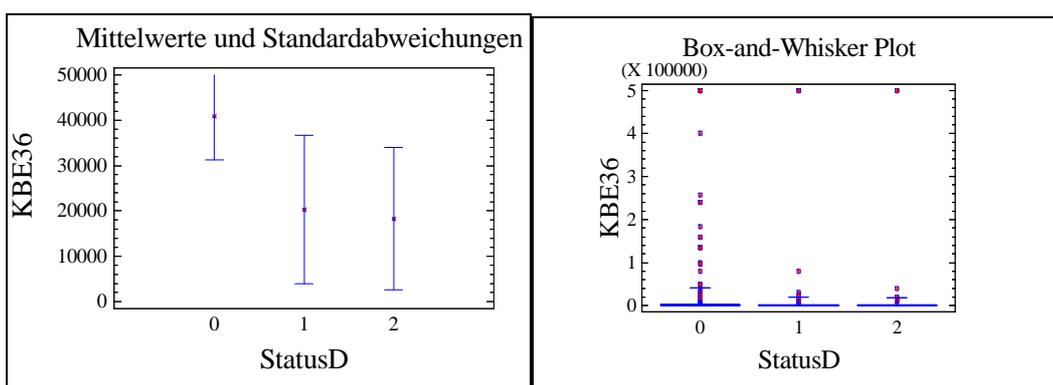


Abb.39+40: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase).

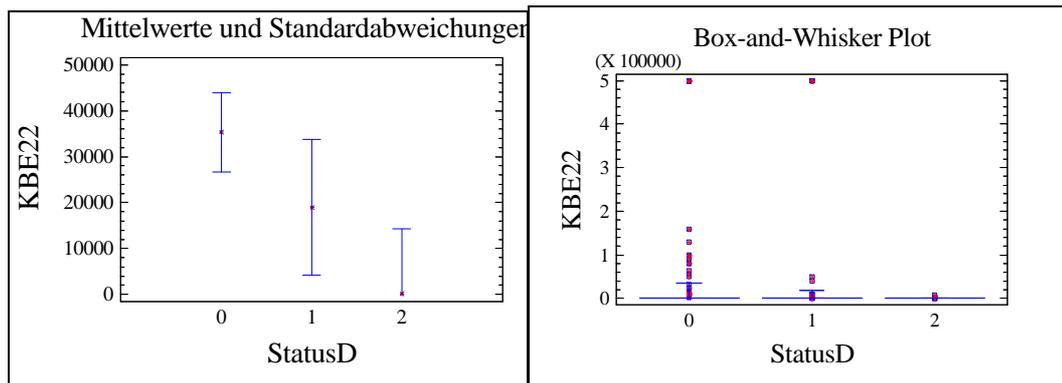


Abb.41+42: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE2 2/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase).

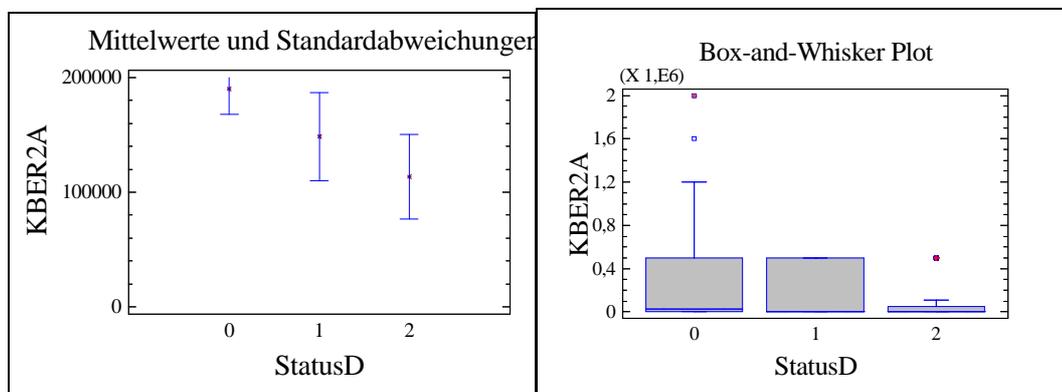


Abb.43+44: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase).

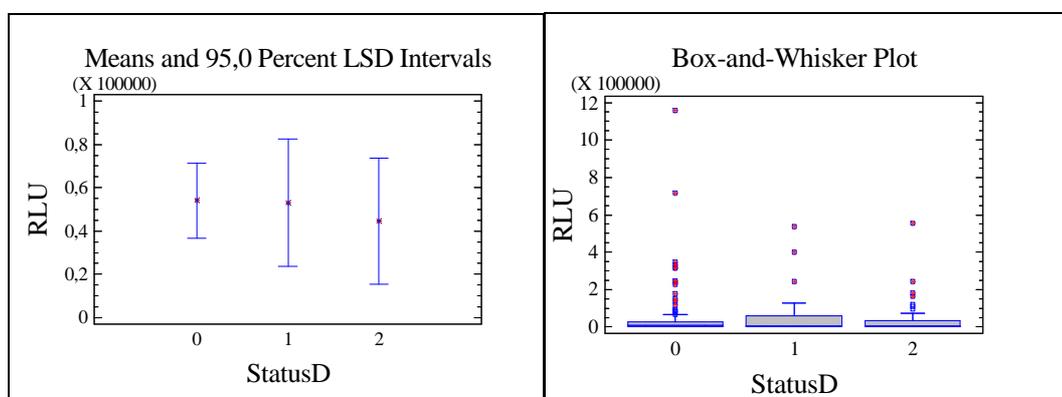


Abb.45+46: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der untersuchten Praxen; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase).

Die ermittelten Werte aus den Abbildungen 39 – 46 verdeutlichen die Effektivität der Desinfektionsmaßnahme.

Das Ergebnis zeigt einerseits, dass bereits direkt nach Einführung von Sanierungsmaßnahmen eine Reduzierung der Gesamtkoloniezahlen möglich war, und andererseits, dass sich das Ergebnis mit der Dauer der Desinfektionsmaßnahme stetig verbesserte.

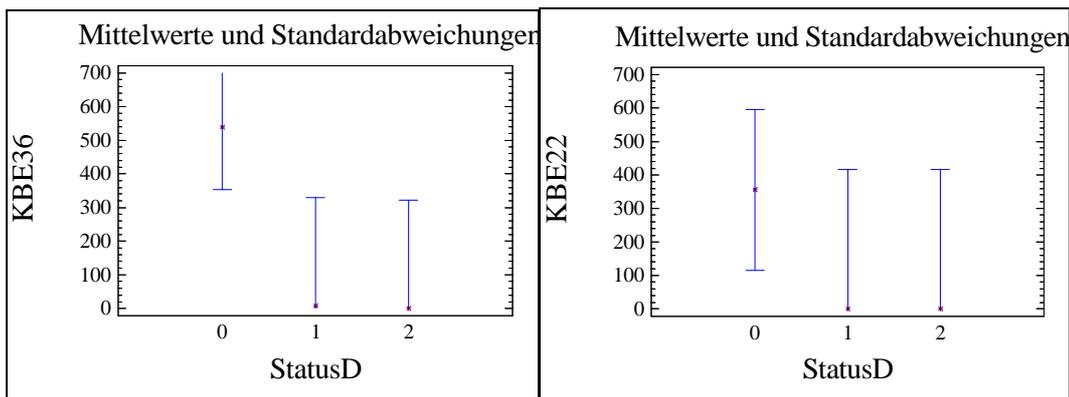


Abb.47: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der Praxis 1; alle Proben ohne zentrale Versorgung.
Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase).

Abb.48: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der Praxis 1; alle Proben ohne zentrale Versorgung.
Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase).

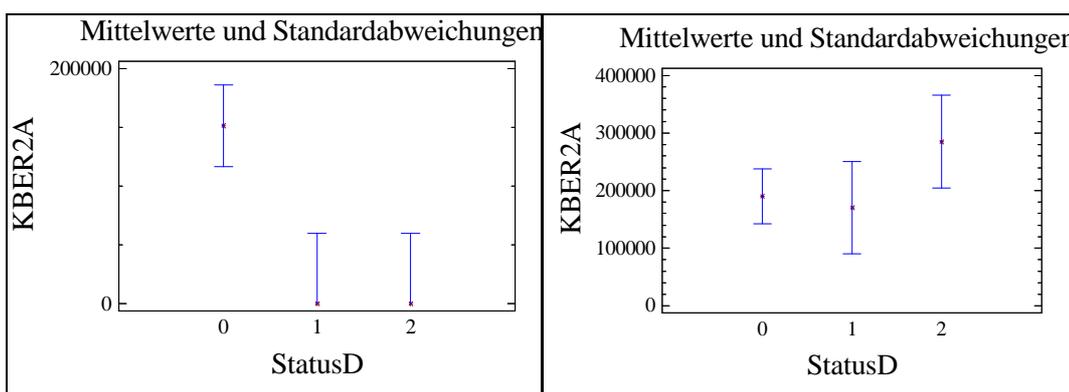


Abb.49: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der Praxis 1; alle Proben ohne zentrale Versorgung.
Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase)

Abb.50: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der Praxis 7; alle Proben ohne zentrale Versorgung.
Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase)

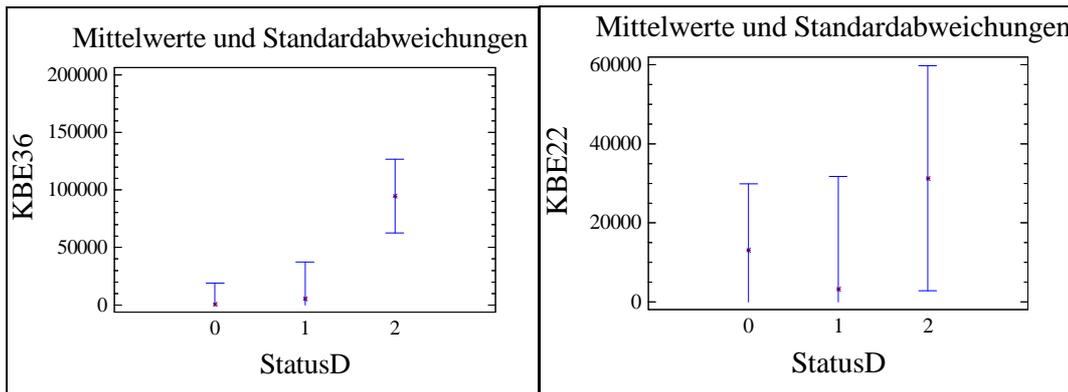


Abb.51: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der Praxis 7; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase)

Abb.52: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der Praxis 7; alle Proben ohne zentrale Versorgung. Einfluss der Desinfektion (0=vor, 1=unmittelbar nach, 2=Endphase)

Mehrfunktionsspritze vor und nach Desinfektion

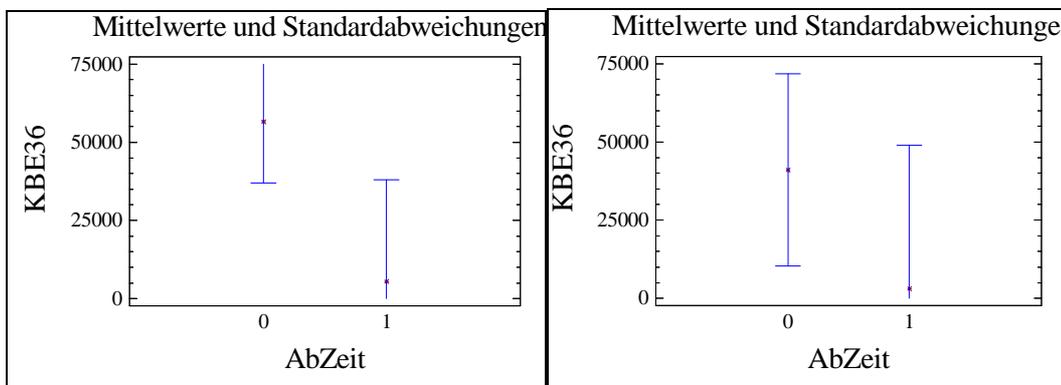


Abb.53: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze ohne Ablaufen (0) und nach 1 Minute Spülen (1), Zustand vor Desinfektion.

Abb.54: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze ohne Ablaufen (0) und nach 1 Minute Spülen (1), Zustand nach Desinfektion.

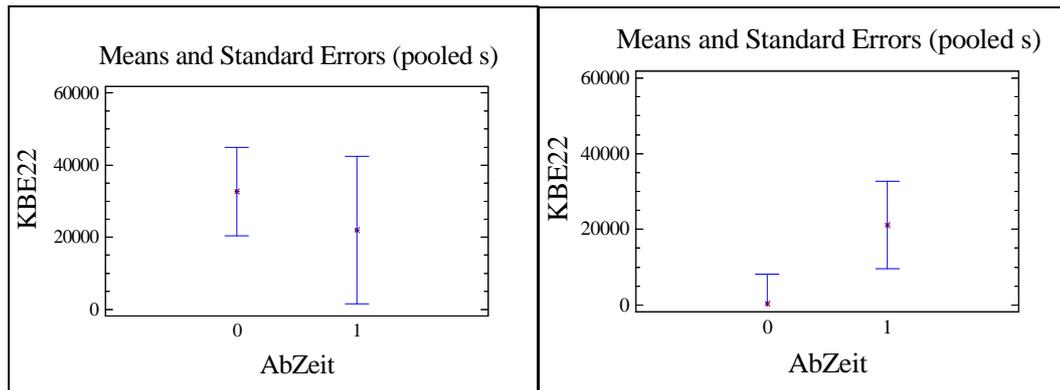


Abb.55: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze ohne Ablaufen (0) und nach 1 Minute Spülen (1), Zustand vor Desinfektion

Abb.56: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze ohne Ablaufen (0) und nach 1 Minute Spülen (1), Zustand nach Desinfektion

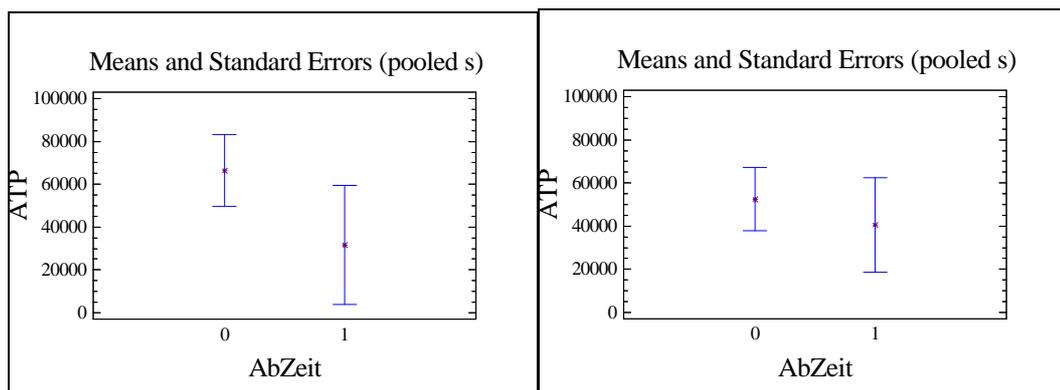


Abb.57: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze ohne Ablaufen (0) und nach 1 Minute Spülen (1), Zustand vor Desinfektion.

Abb.58: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze ohne Ablaufen (0) und nach 1 Minute Spülen (1), Zustand nach Desinfektion.

Die Mehrfunktionsspritze wurde direkt vor Behandlungsbeginn und nach 1 Minute Wasserablauf beprobt. Es war ein signifikanter Unterschied zu sehen, insbesondere bei KBE 36 (s. Abb. 53). Hier war eine Reduzierung der Gesamtkoloniezahl von 91% möglich. Nach Desinfektion zeigte sich, dass bei Ablauf von 1 Minute die Gesamtkoloniezahl erhöht war. Dieses war besonders bei KBE 22 und 36 (s. Abb. 54 u. 56) deutlich zu erkennen.

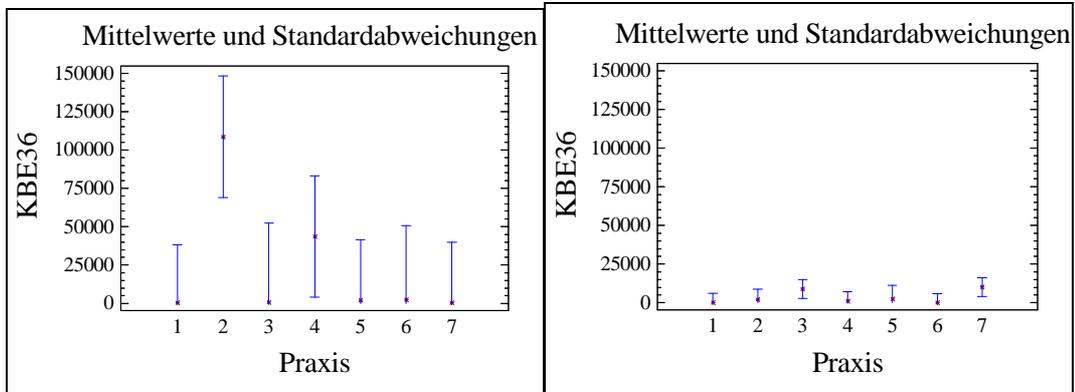
Mundglasfüller vor-, direkt nach- und nach Desinfektion

Abb.59: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Probenstelle: Mundglasfüller. Zustand vor Desinfektion

Abb.60: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Probenstelle: Mundglasfüller. Zustand unmittelbar nach Desinfektion

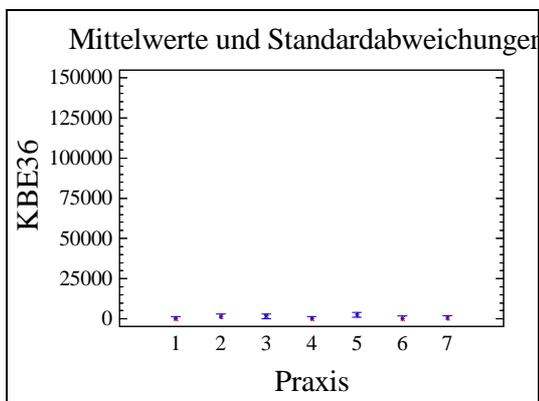


Abb.61: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Probenstelle: Mundglasfüller. Zustand nach Desinfektion Endphase.

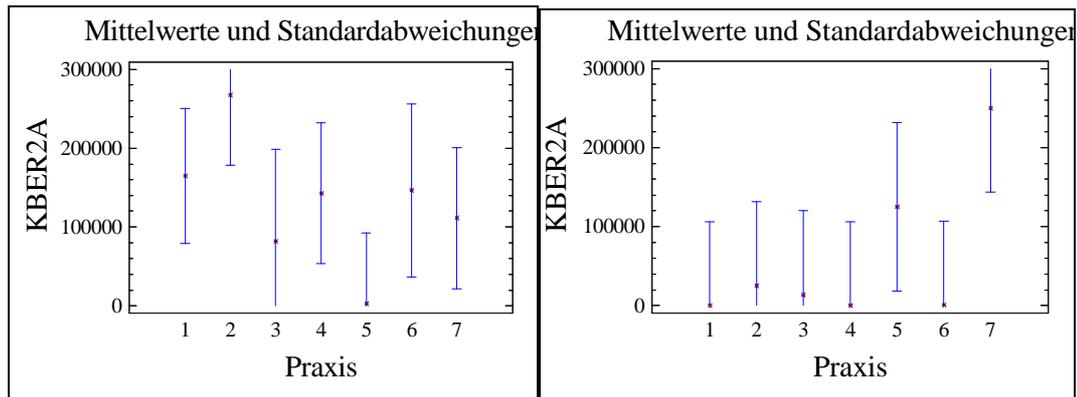


Abb.62: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Probenstelle: Mundglasfüller. Zustand unmittelbar nach Desinfektion.

Abb.63: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Probenstelle: Mundglasfüller. Zustand nach Desinfektion Endphase.

Das Wasser der Mundglasfüller zeigte in allen Praxen eine nur geringe Kontamination.

Lediglich Praxis 2 mit einer maximalen Gesamtkoloniezahl von 500.000 KBE/ml und Praxis 4 mit 4.700 KBE/ml bei KBE 36 bildeten hier die Ausnahme. Beide hatten eine Wasserenthärtungsanlage installiert. Zusätzlich wurde in Praxis 6 aus Lünen der Erreger *P. aeruginosa* vor der Desinfektion isoliert, anschließend war er nicht mehr nachzuweisen (s. Tab. 4). Somit kann gesagt werden, dass das Instrument mit der höchsten Wasserdurchflussrate auch gleichzeitig die besten Desinfektionsresultate erzielte. Teilweise konnte eine Keimreduzierung auf 0 KBE/ml festgestellt werden.

Mehrfunktionsspritze und Turbinen aller Praxen vor und nach Desinfektion

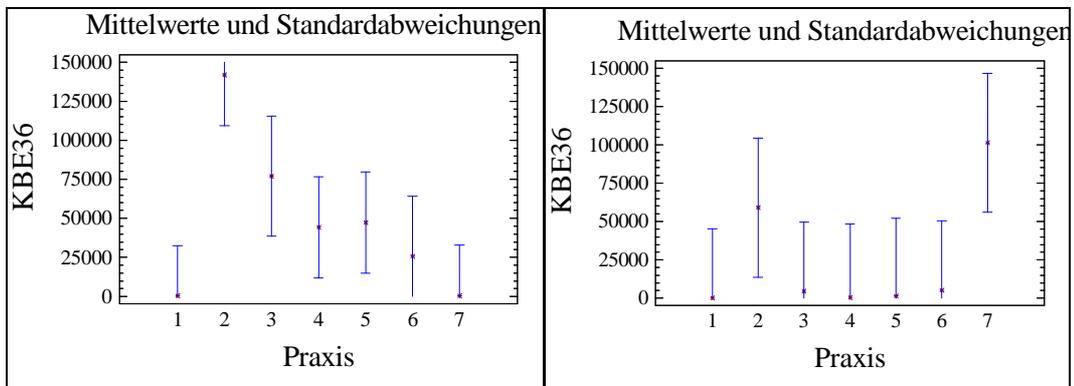


Abb.64: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze und Turbine, Zustand vor Desinfektion.

Abb.65: Koloniebildende Einheiten bei 36°C (KBE36/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze und Turbine, Zustand nach Desinfektion.

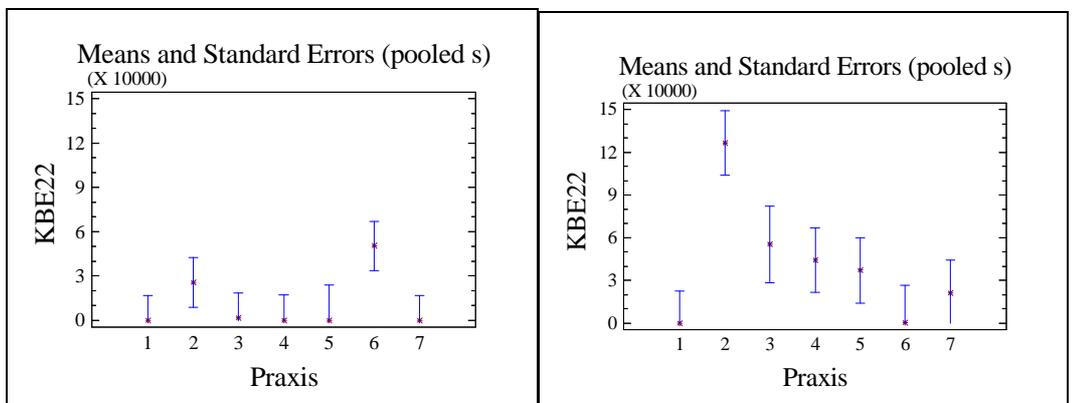


Abb.66: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze und Turbine, Zustand vor Desinfektion.

Abb.67: Koloniebildende Einheiten bei 22°C (KBE22/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze und Turbine, Zustand nach Desinfektion.

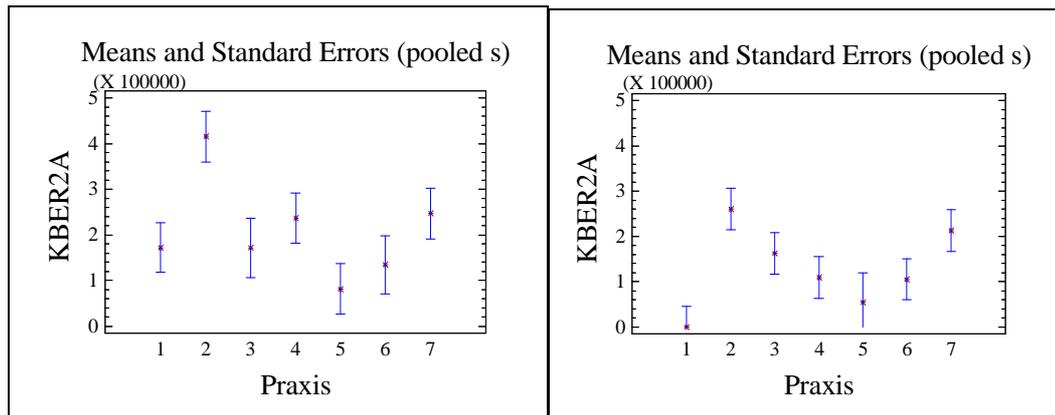


Abb.68: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze und Turbine, Zustand vor Desinfektion.

Abb.69: Koloniebildende Einheiten auf R2A-Agar (KBER2A/ml) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Spritze und Turbine, Zustand nach Desinfektion.

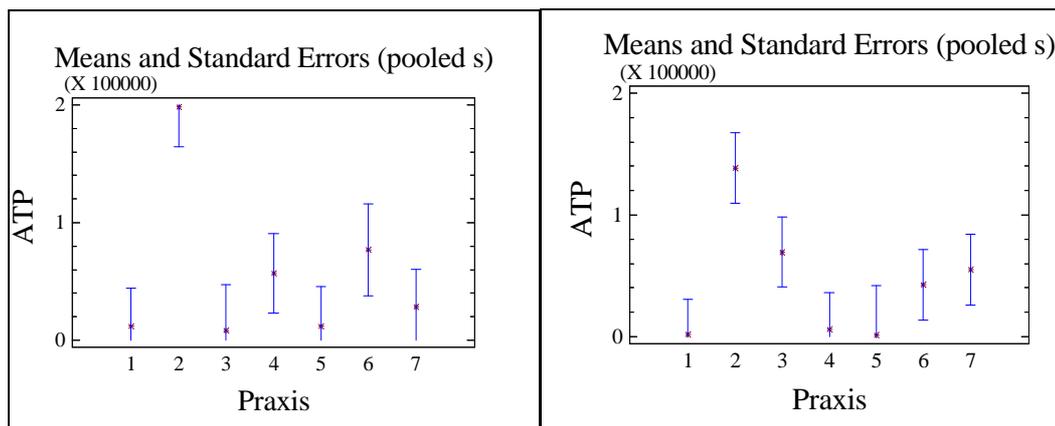


Abb.70: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze und Turbine, Zustand vor Desinfektion.

Abb.71: ATP (als RLU) im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten der 7 untersuchten Praxen; Proben aus Mehrfunktionsspritze und Turbine, Zustand nach Desinfektion.

Die Instrumente mit den höchsten Gesamtkoloniezahlen vor Desinfektion, zum einen die Mehrfunktionsspritze und zum anderen die Turbine, wiesen bei 5 von 7 Praxen nach Desinfektion eine Gesamtkeimzahl von 0 KBE/ml bei KBE 22 und 36 auf (s. Abb. 65 u. 67). Lediglich die Zahnarztpraxen 2 und 7 bildeten hier die Ausnahme. KBE R2A und der ATP - Wert waren leicht erhöht (s. Abb. 69 u. 71).

3.4 Endphase der Desinfektion

Tabelle 7: Mikrobiologische Analysenwerte des Wassers aus zahnärztlichen Behandlungseinheiten aller 7 Praxen. Zustand zum Ende der Versuchsphase, ohne Werte der zentralen Versorgung. Werte in KBE/ml bzw. RLU

	KBE 22	KBE 36	KBE R2A	RLU
N	95	95	95	39
Mittelwert	161	18.290	113.343	44.600
Median	0	120	1.200	3.934
Maximum	8.000	500.000	500.000	555.291
Unteres Quartil	0	0	0	1.097
Oberes Quartil	0	2.400	50.000	33.759

Tabelle 8: Ergebnisse von Nachproben am 21.11.2008 (Mittelwerte, KBE/ml)

	Praxis 1	Praxis 2	Praxis 3	Praxis 4	Praxis 5	Praxis 6	Praxis 7
KBE22			0				0
KBE36			0				0
KBER2A			36				340
Legionella			0				0

3.5 Ergebnisse der Wasseranalyse

Die gemessenen Chlorwerte reichten bei freiem Chlor von 0,01 mg/l bis 0,28 mg/l, der Durchschnitt lag somit bei 0,05 mg/l. .

Die pH- Werte lagen zwischen 7,41 und 7,82 mit einem Mittel von 7,63.

4. Diskussion

4.1 Die Keimproblematik des dentalen Behandlungswassers

Seit der Studie von Blake et al. aus dem Jahre 1963 ist die Besiedlung von Leitungssystemen dentaler Behandlungseinheiten durch Mikroorganismen bekannt und wurde von vielen anderen Studien verifiziert. (Siehe Tabelle 9)

Tab. 9: Keime im Betriebswasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten von 1962 – 2007

Nachgewiesene Mikroorganismen	Studien/ Jahrgang	
Gesamtkeimzahl > 100 KBE/ml	Scaiky et al., 1962 Blake, 1963 Abel et al., 1971 Gross et al., 1976 Martin, 1987 Mayo et al. 1990 Williams et al., 1993 Pankhurst et al., 1993 Barbeau et al., 1996	Pankhurst et al., 1998 Mills, 2000 Walker et al., 2000 Davey et al., 2000 Meiller et al., 2001 Linger et al., 2001 Tuttlebee et al., 2002 O'Donnell et al., 2006 O'Donnell et al., 2007
Nachweis von Pseudomonaden	Costerton, 1987 Williams et al., 1993 Tall et al., 1995 Barbeau et al., 1996 Pankhurst et al., 1998 Barbeau et al., 1998 Meiller et al., 1999 Szymanska, 1999	Barbeau, 2000 Barbeau et al., 2001 Shepherd et al., 2001 Wirthlin et al., 2001 Monarca et al., 2002 Tuttlebee et al., 2002 Walker et al., 2004 Szymanska, 2006
Nachweis von Legionellen	Fotos et al., 1985 Reinthalter et al., 1986 Pankhurst et al., 1990	Yu 1993 Atlas et al., 1995 Williams et al., 1996
Nachweis von Mykobakterien	Schulze-Roebbecke et al., 1992	
Nachweis von Coliformen Bakterien	Tonetti-Eberle et al., 2001	

In keiner der 7 von uns untersuchten Praxen konnte vor Einleitung der Sanierungsmaßnahme der Wert von 100 KBE/ml bei 22°C und bei 36°C (Empfehlung des Robert – Koch – Instituts) sowie auf R2A-Agar eingehalten werden. Maximal wurden 500.000 KBE/ml gemessen, auf

R2A-Agar sogar mehr als 1.000.000 KBE/ml. Aus drei Proben wurden *Legionella bozemanii* in einer Konzentration oberhalb von 1 KBE/ml (RKI – Richtwert 2006) und aus einer *Pseudomonas aeruginosa* isoliert, zwei Bakterienspezies mit hoher Pathogenität.

Gesundheitliche Risiken durch dentales Verbrauchswasser

Obwohl laut RKI – Empfehlungen von 2006 das Erkrankungsrisiko für gesunde Patienten oder Behandler aufgrund einer Biofilmkontamination des Behandlungswassers als gering einzuschätzen ist bzw. nur in Form von Einzelfällen vorliegt, sollte das Risiko durch Verwendung mikrobiologisch unbedenklichen Wassers reduziert werden [14].

Als hochpathogen gelten Wasserkeime wie Legionellen, Pseudomonaden und Mykobakterien, die bereits mehrfach aus Wasser zahnärztlicher Behandlungssysteme isoliert wurden [5,41,79,80,91].

In einer Studie von Pankhurst et al. 2007 konnten bei 68% der untersuchten Einheiten Legionellen nachgewiesen werden, bei 30% opportunistische Keime wie Pseudomonaden, aber am häufigsten gramnegative Bakterien [79].

Die Studie von Martin aus dem Jahre 1987 beschreibt die Übertragung von *P. aeruginosa* während zahnärztlicher Behandlungen auf zwei Tumorkranken, die daraufhin Abszesse entwickelten [60]. Eine besondere Bedeutung kommt der Behandlung von immunkomprimierten, älteren und Risikopatienten zu, deren Immunsystem eine zusätzliche bakterielle Belastung durch das Behandlungswasser oft nur schwer toleriert [34,55,80].

Andere Autoren wiesen zum Beispiel ein erhöhtes Lungenentzündungsrisiko [29] oder eine Veränderung der Nasenschleimhaut des Praxispersonals nach, die auf Grund der täglichen Aerosolaussetzung während zahnärztlicher Behandlungen hervorgerufen wurden [19]. Atlas et al. 1995 stellten bei zahnmedizinischem Personal erhöhte Antikörpertiter gegen Legionellen fest [5]. Ob eine

Legionelleninfektion durch zahnärztliche Behandlung erfolgen kann, ist laut RKI 2006 auf Grund unzureichender epidemiologischer Untersuchungen nicht sicher zu charakterisieren [14]. Pankhurst et al. 2007 fanden in einer Langzeitstudie heraus, dass bei Behandlungswasser mit einer Gesamtkoloniezahl über 200 KBE/ml und 37°C eine kleine Gruppe von Zahnärzten Asthma entwickelte [79].

4.2 Übertragung von Mikroorganismen auf Behandlungseinheiten

Die hohen Gesamtkoloniezahlen können auf verschiedene Art und Weise entstehen. So fanden Williams et al. 1995 heraus, dass fabrikneue Behandlungseinheiten bereits vor Installation mit Mikroorganismen besiedelt waren, was wiederum auf die vom Hersteller durchgeführten Testläufe mit Wasser zurückzuführen war [115]. Costerton et al. 1981 und Exner et al 1987 haben die Kontaminierung der Behandlungseinheiten über die zentrale Wasserversorgung nachgewiesen [23,36]. Kellet et al. 1980 konnte Keime nachweisen, die sonst nur in der Mundhöhle vorkommen und über den Rücksog der dentalen Instrumente in die Schläuche gelangten [51].

Eine Studie aus der Schweiz von 2001 untersuchte 175 Behandlungseinheiten an der Universitätszahnklinik Bern. Hier waren starke Schwankungen der Gesamtkoloniezahlen von den einzelnen Behandlungseinheiten zu erkennen, dennoch konnte kein Zusammenhang mit dem Gerätefabrikat, dem Alter der Geräte oder der Benutzungsart gesehen werden [107].

In unserer Studie arbeiteten 25% der Praxen mit KaVo-, 25% mit Siemens-, 30% mit Thomas-, 15% mit Fimet- und 5% mit Findent-Behandlungseinheiten, deren Baujahre von 1988 – 2006 reichte. Dennoch konnte auch hier kein Zusammenhang mit der Gesamtkoloniezahl gesehen werden. Dieses Ergebnis bestätigte auch die Arbeit von Williams et al. 1993, die zum gleichen Ergebnis kam [118].

Es wurden des Öfteren verschiedene Materialien mit der Gesamtkoloniezahl in Verbindung gebracht. So wiesen Arens et al. 1995 und Knobloch et al. 1998 Mikrorisse in Kupferleitungen nach, die zu einer stärkeren Biofilmanlagerung führten [4,54]. Diese Mikrorisse wurden wiederum von Mikroorganismen verursacht [4,40]. Davidson et al. 1996, Critchley et al. 2001 machten *Sphingomonas spp.* und *Acidovorax spp.* dafür verantwortlich [26,28].

Laut RKI – Richtlinien von 2006 sollten die eingesetzten Materialien und Produkte die Prüfung nach DVGW Arbeitsblatt W 270 „Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung“ bestanden haben [14].

4.3 Desinfektionssysteme für dentales Behandlungswasser

In der Literatur werden verschiedene Präventionsmaßnahmen zur Keimreduktion und Biofilmkontrolle in Leitungssystemen dentaler Behandlungseinheiten diskutiert, siehe (Tabelle 10).

Unterteilen lassen sie sich in physikalische, biologische, chemische, mechanische und technische Maßnahmen.

Kettering et al. 2002 testete in einer Arbeit die Wirksamkeit von antimikrobiellen Substanzen wie Natriumfluorid, Listerine[®], Bio 2000[®], Rembrandt[®] und Dentosept[®] an der Mehrfunktionsspritze und an der Turbine. Mit allen Substanzen war es möglich, die Gesamtkoloniezahl unter 200 KBE/ml zu senken, nach 6 Wochen sogar auf 0 KBE/ml, zusätzlich konnte der Biofilm zwar reduziert, aber nicht gänzlich beseitigt werden [52].

Eine Praxis aus unserer Studie spülte bereits regelmäßig über mehrere Jahre hinweg mit Listerine[®], eine andere mit Dentosept[®]. Beide Praxen sind jedoch vor den Sanierungsmaßnahmen mit erhöhten Gesamtkoloniezahlen aufgefallen und somit konnten unsere unter Praxisbedingungen gewonnenen Ergebnisse die Ergebnisse von Kettering et al. 2002 nicht bestätigen. Eine andere Praxis konnte mit dem

Desinfektionsmittel Alpron[®] zwar etwas niedrige Koloniezahlen erzielen, jedoch erreichten auch diese Werte nicht die Richtwerte für Trinkwasserqualität. Tonetti – Eberle et al. 2001 wollten mit ihrer Studie zeigen, dass es durch ein einfaches Ablaufenlassen von Behandlungswasser der wasserbetriebenen Instrumente möglich ist, die Koloniezahlen zu reduzieren. Zu diesem Zweck untersuchten sie 175 Mehrfunktionsspritzen und unterzogen diese einem 3 Minuten dauernden Spülvorgang. Diese Methode führte zu einem signifikanten Rückgang der Gesamtkoloniezahl, teilweise um den Faktor 4. Dennoch hat das Spülen keinen Langzeiteffekt [107] und kann auch keinen vorhandenen Biofilm entfernen [65,103]. Williams et al. führten eine ähnliche Studie bereits 1993 durch, wobei sich die Gesamtkoloniezahl nach einem Spülintervall von 1 Minute um ein Drittel senken ließ [118]. Eine noch frühere Arbeit von Abel et. 1970 konnte die Keime nach 1 Minute spülen um 97% reduzieren, nach zwei Minuten um 98% [1].

Diese Ergebnisse stimmen mit unseren nahezu überein. Wir beprobten die Mehrfunktionsspritze direkt und nach einer Minute spülen, wobei wir eine Keimreduktion von 91% feststellten. Fiehn und Larsen 2002 haben versucht mittels Trocknung der Schläuche aus den dentalen Behandlungseinheiten eine Keimreduktion herbeizuführen, was aber scheiterte [38].

Aus den RKI – Richtlinien für zahnärztliche Hygiene von 2006 geht hervor, dass wasserführende Systeme zu Beginn des Arbeitstages (ohne aufgesetzte Übertragungsinstrumente) an allen Entnahmestellen gespült werden sollten. Das gelte auch für den Mundglasfüller, der für etwa 2 Minuten gespült werden sollte. Zwischen den einzelnen Patienten sei ein Spülvorgang von 20 Sekunden und am Ende eines Behandlungstages wieder von 2 Minuten vorgesehen [14].

Zum Zweck der Biofilmkontrolle und Keimreduktion auf physikalischem Weg wurde zum einen die UV – Licht – Technik beschrieben. Das Licht mit der Wellenlänge von 254 nm hat sich als sehr effektiv in der Abtötung von Pilzen erwiesen [93] und zum anderen wurden Silikonschläuche und

Wassertanks entwickelt, die komplett sterilisierbar sind, ähnlich wie bei zahnärztlichen Instrumenten [112].

Eine weitere Methode zur Keimreduzierung sind die separaten Wasserleitungssysteme. Hiermit ist es möglich das Leitungssystem dentaler Behandlungseinheiten einer Stosspülung mittels Desinfektionsmittelkonzentraten zu unterziehen [37, 78, 84]. Um effektiv die Besiedlung des Schlauchsystems mit Mikroorganismen aus der Mundhöhle zu verhindern, wurden bereits Antiretraktionsventile in die betroffenen Instrumente wie Turbine, Mehrfunktionsspritze und Scaler eingebaut, die den Sogeffekt der Instrumente unterdrücken sollten [20,57]. Eine andere Methode ist der Einbau von Filtersystemen diese haben einen Porendurchmesser von 0,2 µm und können potentiell gefährliche Keime herausfiltern. Auf die Biofilmbildung vor und hinter den Filtern haben diese Systeme jedoch keinen Einfluss [30,55,59,70,72].

Zum Zwecke unserer Studie entschieden wir uns für eine in den 70er Jahren von Bakhir entwickelte Desinfektionsmethode. Hierbei wird mittels Wasser, Kochsalz und Elektrolyse eine hypochlorige Säure hergestellt [59,88], die sich bereits in mehreren Gebieten der Wasserdeseinfektion erfolgreich bewiesen hat [59,124].

Tab. 10: Methoden zur Desinfektion von Betriebswässern zahnärztlicher Behandlungseinheiten von 1985 – 2008

Desinfektionsmethode	Autoren	Jahrgang
UV – Licht	Harris et al.	1987
	Giese et al.	2000
	Sommer et al.	2000
	Schwartz et al.	2003
Autoklavierung	Williams et al.	1996
Filtersysteme	Dayoub et al.	1978
	Murdoch et al.	1997
Antiretraktionsventile	Coleman et al.	2007
Seperate Leitungssysteme	Filippi	1997
	Pederson et al.	1999
	Panagakos et al.	2001
	O`Donnell	2006
Aldehyde	Meiller et al.	1999
	Szymanska	2003
Wasserstoffperoxid	Lee et al.	2001
	Jackson et al.	2001
	Linger et al.	2001
	Tuttlebee et al.	2002
	Walker et al.	2003
	Szymanska	2006
Antimikrobielle Substanzen	Kassubek	2005
Chlor	Edelstein	1986
	Pankhurst et al.	1990
	Camper	1994
	Bull et al.	1995
	Karpay et al.	1999
	Meiller et al.	1999
	Villanueva	2004
Chlordioxid	Noss et al.	1985
	Chang et al.	2000
	Jang et al.	2006
Hypochlorige Säure	Priluskii et al.	1996
	Bakhir	1997
	Leonov	1997
	Marais et al.	1999
	Zinkevich et al.	2000
	Loshon et al.	2001
	Russell	2008

In der Studie von Marais und Brözel 1998 war es möglich mit der hypochlorigen Säure Gesamtkoloniezahlen von weniger als 1 KBE/ml im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten zu erreichen [59]. Der Biofilm konnte vollständig entfernt werden [59,88,112]. Des Weiteren

erwies sich Desinfektion mit Chlor als sehr effektiv in der Abtötung von Viren, Bakterien, Protozoen und Pilzen [85,88].

In Versuchen von Russel 2008 konnten sogar Bakterien der Risikokategorie 3 abgetötet werden, selbst die als besonders schwierig geltenden Mikroorganismen wie *Anthrax*, *Clostridium difficile* und Cryptosporidien wurden abgetötet. Ferner zeigte die Studie von Zhang et al., dass Endotoxine erfolgreich zerstört wurden [124]. Nakajima 2003 hat mit dieser Technik keimfreies Wasser nachgewiesen, welches er zuvor mit *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Legionella pneumophila* und *Staphylococcus aureus* kontaminierte [71]. Laut Russel kann Chlor hochdosiert zu Korrosionen bei metallischen Materialien, und zu Schäden an Kunststoffschläuchen führen (18 Monats Studie Dublin). Bei Beachtung der Herstellerangaben und Einhaltung der vorgegebenen Höchstkonzentrationen sollte dieses jedoch ausgeschlossen sein [53,69,105,108]. Die Arbeit von O'Donnell et al. 2009 verglich ein zentralisiertes, vollautomatisches Desinfektionssystem mittels Ecasol™ mit einem direkt an der Behandlungseinheit betriebenen System mit dem auf Wasserstoffperoxid basierenden Sanosil®. Dabei konnten durch das Ecasol™ System Gesamtkoloniezahlen von < 1 – 18,1 KBE/ml, durch Sanosil minimal 88 KBE/ml erreicht werden [73].

In einer Studie wurde bei der Technik der Chlorelektrolyse die Entstehung freier Radikale beobachtet [59].

In unserer Studie wurde in einer Praxis lediglich bemängelt, dass sich der Geschmack des Wassers verändert habe.

4.4 Vergleich der Ergebnisse

Der Grad der Verkeimung variierte innerhalb der Praxen an den verschiedenen wasserversorgten Instrumenten. Das Ergebnis unserer Studie ergab, dass die Multifunktionsspritze mit Koloniezahlen von über 500.000 KBE/ml und einem Nachweis von *Legionella bozemanii* mit einer Koloniezahl zwischen 2-19 KBE/ml bei drei Zahnarztpraxen das am

stärksten mit Mikroorganismen verkeimte Instrument war, gefolgt von der Turbine. Im Gegensatz dazu waren im Wasser der zentralen Wasserversorgung nur wenige Keime nachzuweisen. In einem Mundglasfüller konnten 570 KBE/ml *Pseudomonas aeruginosa* isoliert werden, ansonsten waren die Koloniezahlen hier niedrig. Ähnliche Ergebnisse zeigt auch die Arbeit von Sacchetti et al. 2006, in der Gesamtkoloniezahlen zwischen ER:YAG – Laser und Turbine miteinander verglichen wurden. Hier war zu sehen, dass nur bei 13,5% der untersuchten Turbinen ein Wert unter 200 KBE/ml vorlag. Zusätzlich wurden noch bei 11,1% der Turbinen *P. aeruginosa* nachgewiesen [89]. Eine Studie von Williams et al. 1993 untersuchte die Wasserqualität von 116 Mehrfunktionsspritzen, 54 Hand- und Winkelstücken und 12 Ultraschallscalern von 150 verschiedenen Behandlungseinheiten in 54 Praxen in Washington, Oregon und Kalifornien. Bei 72% entsprach das Wasser nicht den Trinkwasseranforderungen [118]. In der Studie von De Souza – Gugelmin et al. 2003 wurden Wasserproben von der zentralen Wasserversorgung der Mehrfunktionsspritze und der Turbine aus 15 Praxen gewonnen. Die Auswertungen ergaben eine deutliche bakterielle Kontamination der Mehrfunktionsspritze und der Turbine, beide Werte lagen signifikant über dem der zentralen Wasserversorgung [32]. Eine ähnliche Studie von Barbeau et al. 1996 wies auch hohe Keimzahlen von 300.000 – 400.000 KBE/ml und größer in der Mehrfunktionsspritze und der Turbine nach [9]. Einige andere Autoren kamen zu gleichen Ergebnissen [32,123].

Ein wesentlicher Faktor für diese extremen Werte an den betroffenen Instrumenten kann der geringe Wasserverbrauch und die Stagnation des Kühlwassers in den Schläuchen der Behandlungseinheiten bei erhöhten Temperaturen während der Pausen zwischen den Patienten, an Urlaubstagen, in den Nächten und an Wochenenden sein [2,55,89]. Genau dieses Phänomen bestätigte auch die Studie von Tonetti – Eberle et al. 2001, in der die Gesamtkoloniezahl im Verbrauchswasser mit der Dauer der Standzeit signifikant anstieg [107]. In unserer Arbeit hatten wir

am Anfang der Woche direkt vor Arbeitsbeginn eine Beprobung durchgeführt und zum Vergleich eine weitere während der wöchentlichen Arbeitstage. Dabei stellten sich deutliche Unterschiede heraus. An Montagen lag die Keimbelastung bei 460.000 KBE/ml und an den anderen Tagen bei 10.000 KBE/ml. Zu diesem Problem hat die American Dental Association 2000 Stellung bezogen und publizierte, dass die Stagnation während der Behandlungspausen, über Nacht und an Wochenenden bei Raumtemperatur ideale Wachstumsbedingungen für Bakterienkolonien bilden [2]. Damit stimmen auch andere Studien überein [33,39,104].

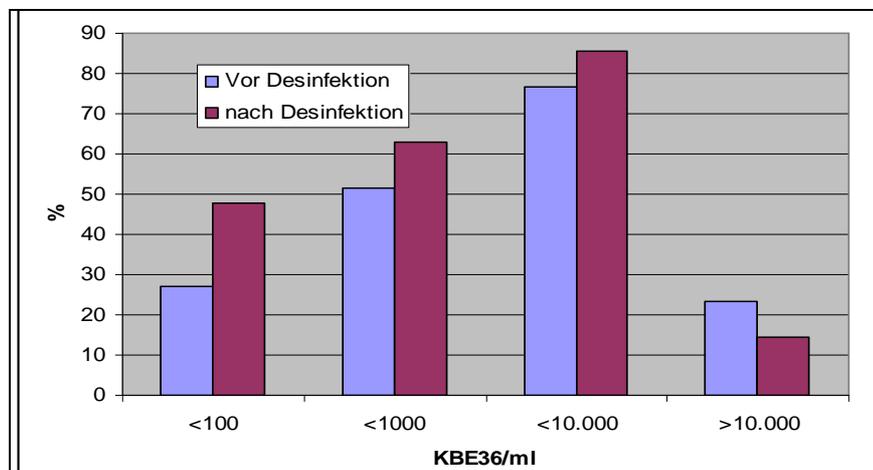


Abb. 72: Relative Häufigkeitsverteilung der KBE 36°C im Wasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten vor und nach Desinfektion

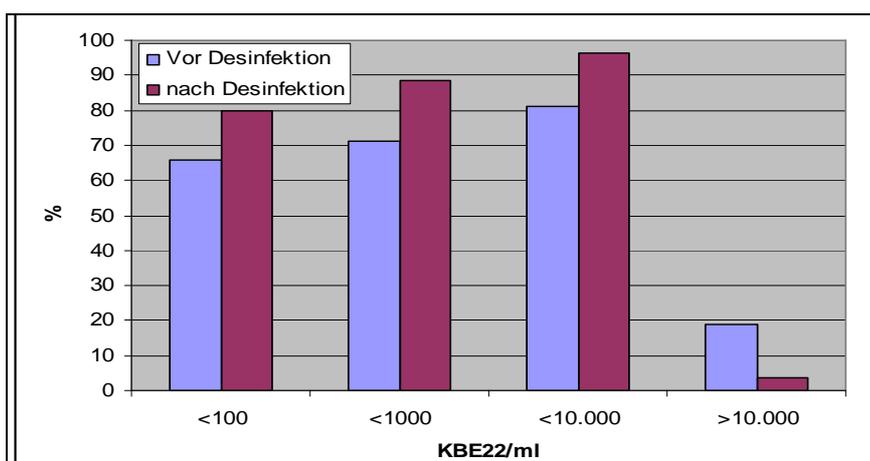


Abb. 73: Relative Häufigkeitsverteilung der KBE 22°C vor und nach Desinfektion s.o.

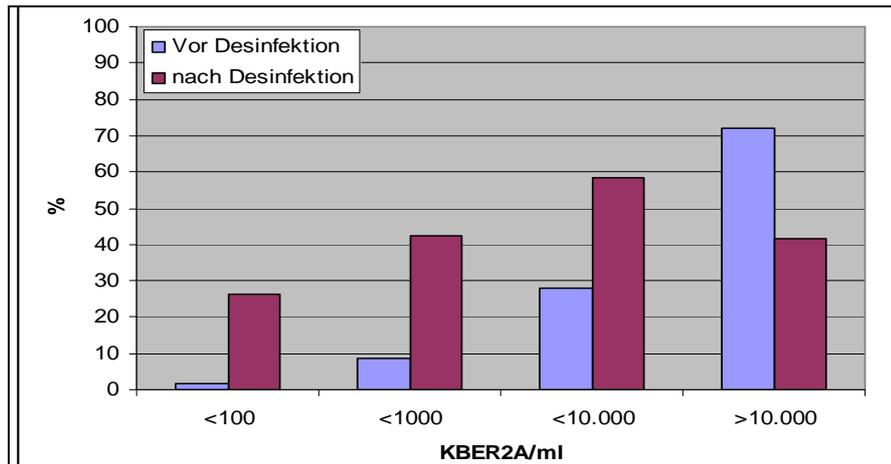


Abb. 74: Relative Häufigkeitsverteilung der KBE R2A-Agar vor und nach Desinfektion s.o.

Gesamtkoloniezahlen (>10.000 KBE/ml) konnten bereits kurz nach Einleitung der Sanierungsmaßnahme mittels hypochloriger Säure um 30% gesenkt werden und belegen die Effektivität des Verfahrens.

Schlussfolgerung

Laut RKI – Richtlinien 2006 spricht eine Überschreitung des Richtwertes von 100 KBE/ml im Betriebswasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten für eine ausgedehnte Biofilmbesiedlung und erfordert eine Intensivierung der Spülung vor Patientenbehandlung und gegebenenfalls eine Desinfektion in Abstimmung mit dem Hersteller. Ferner gelten Untersuchungsintervalle von 12 Monaten als sinnvoll, wenn kein Verdacht auf Mängel besteht. Außerdem muss jeglicher Verdacht auf eine wasserbedingte Infektion durch zahnärztliche Behandlung eine anlassbezogene Nachuntersuchung nach sich ziehen [14].

Aus den Ergebnissen unserer Arbeit ist ersichtlich, dass Wasser aus Schlauchsystemen dentaler Behandlungseinheiten als hoch mikrobiell kontaminiert angesehen werden muss. Besonders stark waren die Schläuche der Instrumente mit geringer Durchflussrate betroffen. Hier sind die Multifunktionsspritze und Turbine zu nennen. Des Weiteren stieg der

Grad der Verkeimung signifikant während der Stagnationsphasen an (nachts, an Wochenenden, in Urlaubsphasen, in Behandlungspausen). Da von diesen Verunreinigungen Gesundheitsgefährdungen für Patient, Personal und Zahnarzt ausgehen können, ist die Notwendigkeit von kontinuierlichen Hygienemaßnahmen dringend angezeigt. Zur Aufrechterhaltung einer akzeptablen Wasserqualität ist es nötig für jede Behandlungseinheit Spülpläne zu erarbeiten und umzusetzen sowie Spülprotokolle zu erstellen. Unerlässlich ist darüber hinaus der kontinuierliche Einsatz eines Desinfektionsmittels. Wir konnten in unseren Versuchen mit dem auf Chlorbasis beruhenden EcasolTM die Qualität des dentalen Kühlwassers signifikant und nachhaltig verbessern. Zum Ende der Versuchsreihe waren zum Teil Werte von 0 KBE/ml zu verzeichnen. Somit kann die ECA – Technik als wesentlicher Baustein in einem umfassenden Hygienekonzept von Zahnarztpraxen empfohlen werden.

5. Literaturverzeichnis

- (1) Abel LC, Miller RL, Micik RE, Ryge G. Studies on dental aerobiology. Bacterial contamination of water delivery by dental units. *Journal of Dental Research* 1971;50:1567-1569
- (2) ADA Council on Scientific Affairs, Dental unit waterlines: Approaching the year 2000. *Journal of the American Dental Association* 1999;130:1653-1664
- (3) Anonymous. Council Directive 93/42/EEC of 14 June 1993 concerning medical devices. *Official Journal of the European Community* 1993;169:1-43
- (4) Arens P, Tschewitzki GJ, Wollmann M, Follner H, Jacobi H. Indicators for microbiologically induced corrosion of copper pipes in a cold water plumbing system. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin* 1995;196:444-454
- (5) Atlas RM, Williams JF, Huntington MK. Legionella contamination of dental-unit waters. *Applied and Environmental Microbiology* 1995;61:1208–13
- (6) Bakhir VM. Electrochemical activation: Theory and practice. In: *Proceedings of the First International Symposium on Electrochemical Activation* 1997. Moscow;38-45
- (7) Barbeau J, Buhler T. Biofilms augment the number of free-living amoebae in dental unit waterlines. *Research in Microbiology* 2001;152:753-760
- (8) Barbeau J, Gauthier C, Payment P. Biofilms, infectious agents, and dental unit waterlines: a review. *Canadian Journal of Microbiology* 1998;44:1019-1028
- (9) Barbeau J, Tanguay R, Faucher E, Avezard C, Trudel L, Cote L, Prevost AP. Multiparametric analysis waterline contamination in dental units. *Applied and Environmental Microbiology* 1996;62:3954-3959
- (10) Barbeau J. Waterborne biofilms and dentistry: the changing face of infection control. *Journal of the Canadian Dental Association* 2000;66:539-541
- (11) Blake C. The incidence and control of infection in dental spray reservoirs. *British Dental Journal* 1963;115:413-416
- (12) Brown MRW, Allison DG, Gilbert P. Resistance of bacterial biofilms to antibiotics: a growth – rate related effect? *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 1988;22:777-783
- (13) Bull RJ, Birnbaum LS, Cantor KP. Water chlorination: essential process or cancer hazard? *Fundamental Applied Toxicology* 1995;28(2):155-66
- (14) *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 4 2006;49:381-383

- (15) Camper AK. Coliform regrowth and biofilm accumulation in drinking water systems: a review. In : Geesy GG. Biofouling and biocorrosion in industrial water system. Boca Raton. Fla:CRC Press;1994
- (16) Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for infection control in dental health – care settings – 2003. Morbidity and Mortality Weekly Report 2003;52(No.RR-17):1-66
- (17) Chang CY, Hsieh YH, Shih IC, Hsu SS, Wang KH. The formation and control of disinfection by-products using chlorine dioxide. Chemosphere 2000;41:1181-1186
- (18) Christensen R. More about waterlines. Letters. Journal of the American Dental Association 2001;132:142-6
- (19) Clark A. Bacterial colonisation of dental units and the nasal flora of dental personnel. Journal of the Royal Society of Medicine 1974;67:29-30
- (20) Coleman DC, O'Donnell MJ, Shore AC, Swan J, Russel RJ. The role of manufacturers in reducing biofilms in dental chair waterlines. Journal of Dentistry 2007;35(9):701-711
- (21) Costerns JW. The formation of biocide – resistant biofilms in industrial, natural and medical systems. Developments in Industrial Microbiology 1984;25:363-372
- (22) Costerton JW, Cheng KJ, Geesey GG. Bacterial biofilms in nature and disease. Annual Reviews Microbiology 1987;41:435-464
- (23) Costerton JW, Irvin RJ, Cheng KJ. The bacterial glycocalyx in nature and diseases. Annual Review Microbiology 1981;35:299-324
- (24) Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science 1999;284:1318-1322
- (25) Costrini AM, Mahler DA, Gross WM, Hawkins JE, Yesner R, D'Esopo ND. Clinical and roentgenographic features of nosocomial pulmonary disease due to Mycobacterium xenopi. American Review of Respiratory Disease 1981;123(1):104-9
- (26) Critchley, MM, Cromar NJ, McClure N, Fallowfield HJ. The effect of distribution system biofilm bacteria on cuprosolvency in Adelaide drinking water. Water Science and Technology: Water Supply 2001b;2:319-324
- (27) Davey ME, O'Toole GA. Microbial biofilms: from ecology to molecular genetics. Microbiology and Molecular Biology Reviews 2000;64:847–67.

- (28) Davidson D, Beheshti B, Mittelman MW. Effects of *Arthrobacter* sp., *Acidovorax delafieldii* and *Bacillus megaterium* on coppersolvency in a laboratory reactor. *Biofouling* 1969;279-292
- (29) Davies KJ, Herbert AM, Westmoreland, Bagg J. Seroepidemiological study of respiratory virus infections among dental surgeons. *British Dental Journal* 1994;176:262-265
- (30) Dayoub MB, Rusilko DJ, Gross A. A method of decontamination of ultrasonic scalers and high speed handpieces. *Journal of Periodontology* 1978;49:261-265
- (31) De Beer D, Srinivasan R, Stewart PS. Direct measurement of chlorine penetration into biofilms during disinfection. *Applied and Environmental Microbiology* 1994;60:4339-4344
- (32) De Souza-Gugelmin MCM, Della Torre Lima C, De Lima SNM, Mian H, Ito IY. Microbial contamination in dental unit waterlines. *Brazilian Dental Journal* 2003;14:1
- (33) Demuth J, Dunkelberg H. Bakterielle Kontamination und Dekontamination im Wassersystem von Sirona C1-Dentaleinheiten. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2000;55:104-108
- (34) Depaola LG, Mangan D, Mills SE, Costerton W, Barbeau J, Shearer B, Bartlett J. A review of the science regarding dental unit waterlines. *Journal of the American Dental Association* 2002;133:1199-1206
- (35) Edelstein PH. Control of *Legionella* in hospitals. *Journal of Hospital Infection* 1986;8:109-115
- (36) Exner M, Tuschawitzki GJ, Sharnagel J. Influence of biofilms by chemical disinfectants and mechanical cleaning. *Zentralblatt Bakteriologie Mikrobiologie und Hygiene* 1987;183:549-563
- (37) Fayle AS, Pollard MA. Decontamination of dental unit water systems: a review of current recommendations. *British Dental Journal* 1996;181:369-372
- (38) Fiehn NE, Larsen T. The effect of drying dental unit waterline biofilms on the bacterial load of dental unit water. *International Dental Journal* 2002;52:251-25
- (39) Filippi A. Ozone is the most effective disinfectant for dental treatment units: Results after eight years of comparison. *Ozone Science and Engineering* 1997;19:527-531

- (40) Fischer W, Paradies HH, Wagner D, Hänßel I. Copper deterioration in a water distribution system of a Country hospital in Germany caused by microbially induced corrosion – I. Description of the problem. *Werkstoffe und Korrosion* 1992;53:56-62
- (41) Fotos PG, Westfall HN, Snyder IS, Miller RW, Mutchler BM. Prevalence of Legionella-specific IgG and IgM antibody in a dental clinic population. *Journal of Dental Research* 1985;64:1382-5
- (42) Giese N, Darby J. Sensitivity of microorganisms to different wavelenghts of UV light: implications on modeling of medium pressure UV systems. *Water Research* 2000;34:4007-4013
- (43) Gross A, Devine MJ, Cutright DE. Microbial contamination of dental units and ultrasonic scalers. *Journal of Periodontology* 1976;47:670-673
- (44) Harris G, Adam V, Sorenson D, Curtis M, Ultraviolet inactivation of selected bacteria and viruses with photoreactivation of the bacteria. *Water Research* 1987;21:687-692
- (45) Hellwig E, Klimek J, Attin T. Grundlagen der invasiven Therapie. In: Einführung in die Zahnerhaltung, 4. Auflage, Urban & Fischer 2007;133-140
- (46) <http://www.wtl-wasseraufbereitung.de/CMS-WTL-Wasseraufbereitung>
- (47) Jackson BL, Molinari JA, Forbes WC, Farthing CF, Winget WJ. Evaluaton of a hydrogen peroxid disinfectant for dental unit waterlines. *Journal of the American Dental Association* 2001;132:1287-1291
- (48) Jang A, Szabo J, Hosni AA, Coughlin M, Bishop PL. Measurment of chlorine dioxide penetration in dairy process pipe biofilm during disinfection. *Applied Microbiology and Biotechnology* 2006;72:368-376
- (49) Karpay RI, Plamondon TJ, Mills SE, Dove SB. Combining periodic and continuous sodium hypochlorite treatment to control biofilms in dental unit water systems. *Journal of the American Dental Association* 1999;130:958-956
- (50) Kassubek A. Infektionsprävention in Risikobereichen: Die sicherste Wasserversorgung ist auch die kostengünstigste. *Hygiene und Medizin* 2005;30(12):471-472
- (51) Kellet M, Holbrook WP. Bacterial contamination of dental handpieces. *Journal of Dentistry* 1980;8:249-253

- (52) Kettering JD, Munoz-Viveros CA, Stephens JA, Naylor WP, Zang W. Reducing bacterial counts in dental unit waterlines : distilled water vs. antimicrobial agents. *Journal of the California Dental Association* 2002;30:735-741
- (53) Kiura H, Sano K, Morimatsu S, Nakano T, Morita C, Yamaguchi M, Maeda T, Katsuoka Y. Bacterial activity of elektrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration, in comparison with that at high concentration. *Journal of Microbiology Methods* 2002;49:285-293
- (54) Knobeloch L, Schubert C, Hayes J, Clark J, Fitzgerald C, Knobeloch L, Ziarnik M, Howard J. Gastrointestinal upsets and new copper plumbing – is there a connection? *Wisconsin Medical Journal* 1998;97:49-53
- (55) Lee TK, Waked EJ, Wolinsky LE, Mito RS, Danielson RE. Controlling Biofilm and microbial contamination in dental unit waterlines. *Journal of the California Dental Association* 2001
- (56) Leonov BI. Electrochemical activation of water and aqueous solutions: Past, present and future. In: *Proceedings of the First International Symposium on Electrochemical activation* 1997. Moscow; 11-27
- (57) Linger JB, Molinari JA, Forbes WC, Farthing CF, Winget WJ. Evaluation of a hydrogen peroxid disinfectant for dental unit waterlines. *Journal of the American Dental Association* 2001;132:1287-1291
- (58) Loshon CA, Melly E, Setlow B. Analyses of the killing of spores of *Bacillus subtilis* by a new disinfectant, Sterilox. *Journal of Applied Microbiology* 2001;91:1051-1058
- (59) Marais JT, Brözel VS. Electro-chemically activated water in dental unit waterlines. *British Dental Journal* 1999;187:154-158
- (60) Martin MV. The significance of the bacterial contamination of dental unit water systems. *British Dental Journal* 1987;163:152–4.
- (61) Mayo JA, Oertling KM, Andrieu SC. Bacterial biofilm: a source of contamination in dental air–water syringes. *Clinical Preventive Dentistry* 1990;12:13–20.
- (62) Meiller TF, Deapola LG, Kelley JI, Baqui AAM , Turng BF, Falkler JR. Dental unit waterlines: biofilms, disinfection and recurrence. *Journal of the American Dental Association* 1999;130:655-672
- (63) Meiller TF, Kelly JI, Baqui AA, De Paola LG. Disinfection of dental unit waterlines with an oral antiseptic. *Journal of Clinical Dentistry* 2001;1:11-15

- (64) Meyer B. Approaches to prevention, removal and killing of biofilms. *International Biodeterioration and Biodegradation* 2003;51:249-253
- (65) Mills SE, Karpay RI. Dental water lines and biofilm – searching for solution. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 2002;23(3):237-240,242,244,247-249,252,254,256,258.
- (66) Mills SE. The dental unit waterline controversy: defusing the myths, defining the solutions. *Journal of the American Dental Association* 2000;131:1427–41.
- (67) Monarca S, Garusi G, Gigola P, Spampinato L, Zani C, Sapelli PL. Decontaminazione del sistema indrico del riunito mediante disinfezione e filtrazione. *Minerva stomatol journal articles* 2002;51:451-459
- (68) Monarca S, Grotto M, Feretti D, Gigola P, Zerbini I, Alberti A, Zani C, Sapelli PL. Monitoraggio ambientale dei rischi infettivi legati all'assistenza odontoiatrica. *Minerva Stomatol journal Articles* 2002;51:319-326
- (69) Morita C, Sano K, Morimatsu S, Kiura H, Goto T, Kohno T, Hong W, Miyoshi H, Iwasawa A, Nakamura Y, Tagawa M, Yokosuka O, Saisho H, Maeda Y, Katsuoka Y. Disinfective potential of electrolyzed solutions containing sodium chloride at low concentration. *Journal of Virology Methods* 2000;85:163-174
- (70) Murdoch-Kinch CA, Andrews P, Aswan S. Comparison of dental water quality management procedures. *Journal of the American Dental Association* 1997;128:1235.1243
- (71) Nakajima N, Nakano T, Harada F, Taniguchi H, Yokoyama I, Hirose J, Daikoku E, Sano K. Evaluation of disinfective potential of reactivated free chlorine in pooled tap water by electrolysis. *Journal of Microbiological Methods* 2004;57:163-173
- (72) Noss CI, Oliverie VP. Disinfecting capabilities of oxychlorine compounds. *Applied and Environmental Microbiology* 1985;50:1162-1164
- (73) O'Donnell MJ, Boyle M, Swan J, Russell RJ, Coleman DC. A centralised, automated dental hospital water quality and biofilm management system using neutral Ecasol™ maintains dental unit waterline output at better than potable quality: A 2 – year longitudinal study. *Journal Of Dentistry* 2009;37:748-762
- (74) O'Donnell MJ, Russell RJ, Colemann DC. Development of hospital - wide centralized automated waterline biofilm control. *Microbiology Research Unit* 2008;568-588

- (75) O'Donnell MJ, Tuttlebee CM, Falkiner FR, Coleman DC. Bacterial contamination of dental chair units in a modern dental hospital caused by leakage from suction system hoses containing extensive biofilm. *Journal of Hospital Infections* 2005;59:348-360
- (76) O'Donnell MJ, Shore AC, Coleman DC. A novel automated waterline cleaning system that facilitates effective and consistent control of microbial biofilm contamination of dental chair unit waterlines: a one-year study. *Journal of Dentistry* 2006;34:648–61
- (77) O'Donnell MJ, Shore AC, Russell RJ, Coleman DC. Optimisation of the long-term efficacy of dental chair waterline disinfection by the identification and rectification of factors associated with waterline disinfection failure. *Journal of Dentistry* 2007;35:438–51
- (78) Panagakos FS, Lassiter T, Kumar E. Dental unit waterlines: review and product evaluation. *Johnson and Johnson Dental Association* 2001;72:20-25
- (79) Pankhurst CL, Coulter WA. Do contaminated dental unit waterlines pose a risk of infection? *Journal of Dentistry* 2007;35:712-720
- (80) Pankhurst CL, Johnson NW, Woods RG. Microbial contamination of dental unit waterlines: the scientific argument. *International Dental Journal* 1998;48:359–68.
- (81) Pankhurst CL, Philpott-Howard JN, Hewitt JH, Casewell MW. The efficacy of chlorination and filtration in the control and eradication of *Legionella* from dental chair water systems. *Journal of Hospital Infection* 1990;16(1):9-18
- (82) Pankhurst CL, Philpott-Howard JN. The microbiological quality of water in dental chair units. *Journal of Hospital Infection* 1993;23:167–74.
- (83) Parrott PL, Terry PM, Withworth EN, et al. *Pseudomonas aeruginosa* peritonitis associated with contaminated poloxamer-iodine solution. *Lancet* 1982;2(8300):683-5
- (84) Pederson ED, Stone M, Ragain JC, Kelly R. Scientific review of issues impacting dentistry: Biofilms in dental-unit waterlines. *Scientific Review of Issues Impacting Dentistry. American Journal of dentistry* 1999;1;1-3
- (85) Priluskii VI, Bakhir VM, Popov AI. The disinfection of water, water – supply systems, tanks and pools by using an electrochemically activated solution of neutral anolyte. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1996;4:31-32
- (86) Reinthaler F, Mascher F. *Legionella pneumophila* in dental units. *Zentralblatt Bakteriologie Mikrobiologie undHygiene [B]* 1986;183:86-88

- (87) Reinthaler FF, Mascher F, Stunzner D. Serological examination for antibodies against Legionella species in dental personnel. *Journal of Dentistry Research* 1988;67:942-943
- (88) Russel R. Opinion on electro-chemically activated mixed oxidant technology. 2008:1-4; unveröffentlicht
- (89) Sacchetti R, Baldissarri A, De Luca G, Lucca P, Stampi S, Zanetti F. Microbial contamination in dental unit waterlines. Comparison between ER:YAG Laser and turbine lines. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2006;13:275-279
- (90) Scaiky I, Sultizeanu A. Importance of dental units in the mechanical transfer of oral bacteria. *Journal of Dentistry Research* 1962;41:714-715
- (91) Schulze-Robbeke R, Feldmann C, Fischeder R, Janning B, Exner M, Wahl G. Dental units: an environmental study of sources of potentially pathogenic mycobacteria. *Tubercle and Lung Disease* 1995;76:318-23
- (92) Schulze-Robbeke R, Janning B, Fischeder R. Occurrence of mycobacteria in biofilm samples. *Tubercle and Lung Disease* 1992;73:141-144
- (93) Schwartz T, Hoffmann S, Obst U. Formation of natural biofilms during chlorine dioxide and u.v. disinfection in a public drinking water distribution system. *Journal of Applied Microbiology* 2003;95:591-601
- (94) Sennhenn-Kirchner S, Mergeryan H, Jacobs HG, Kirchner B. Mikrofiltration von Kühlwasser zahnärztlicher Behandlungseinheiten- ein Weg zum keimfreien Aerosol. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2006;61:364-368
- (95) Shearer BG. Biofilm and the dental office. *Journal of the American Dental Association* 1996;127:2:181-189
- (96) Shephard PA, Shojaei MA, Eleazer PD, Van Stewart A, Staat RH. Clearance of biofilms from dental unit waterlines through the use of hydroperoxide ion-phase transfer catalysts. *Quintessence Int* 2001;32:55-761
- (97) Siegert W: Biofilme - die unbekannte Kontaminationsquelle. AT direkt (Schülke & Mayr GmbH) 1998; unveröffentlicht
- (98) Sommer R, Lhotsky M, Haider T, Cabaj A. UV inactivation, liquid-holding recovery, and photoreactivation of Escherichia coli O157 and other pathogenic Escherichia coli strains in water. *Journal of Food Protection* 2000;63:1015-1020
- (99) Stewart PS, Costerton JW. Antibiotic resistance of bacterial in biofilms. *Lancet* 2001;358:135-138

- (100) Stoodley P, Lewandowsky Z, Boyle D, Lappin – Scott HM. Structural deformation of bacterial biofilm caused by short-term fluctuations in fluid shear: an in situ investigation of biofilm rheology. *Biotechnologie and Bioengineering* 1999;65:83-92
- (101) Szymanska J. Bacterial decontamination of DUWL biofilm using Oxygenal 6. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2006;13:163-167
- (102) Szymanska J. Biofilm and dental unit waterlines. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2003;10:151-157
- (103) Szymanska J. Control methods of the microbial water quality in dental unit waterlines. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2003;10:1-4
- (104) Szymanska J. Occupational hazards of dentistry. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 1999;6:13-19
- (105) Tagawa M, Yamaguchi T, Yokosuka O, Matsutani S, Maeda T, Saisho H. Inactivation of hepadnavirus by electrolyzed acid water. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 2000;46:363-368
- (106) Tall BD, Williams HN, George KS, Gray RT, Walch. Bacterial succession within a biofilm in water supply lines of dental air-water syringes. *Canadian Journal of Microbiology*, 1995;41:7,647-654
- (107) Tonetti-Eberle B, Pauli-Uhlmann A, Mombelli A. Wasserqualität in zahnärztlichen Behandlungseinheiten: Eine Standortbestimmung in der Region Bern. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin* 2001;111:1160-64
- (108) Tsuji S, Kawano S, Oshita M, Ohmae A, Shinomura Y, Miyazaki Y, Hiraoka S, Matsuzawa Y, Kamada T, Hori M, Maeda T. Endoscope disinfection using acidic electrolytic water. *Endoscopy* 1999;31:528-535
- (109) Tuttlebee CM, O'Donnell MJ, Keane CT. Effective control of dental chair unit waterline biofilm and marked reduction of bacterial contamination of output water using two peroxide-based disinfectants. *The Journal of Hospital Infection* 2002;52:192–205.
- (110) Villanueva CM, Cantor KP, Cordier SJ, Jouni JK, King WD, Lynch CF. Disinfection byproducts and bladder cancer: a pooled analysis. *Epidemiology* 2004;15:357-67
- (111) Walker JT, Bradshaw DJ, Bennett AM, Fulford MR, Martin MV, Marsh PD. Microbial biofilm formation and contamination of dental-unit water systems in general dental practice. *Applied and Environmental Microbiology* 2000;66:3363–3367

- (112) Walker JT, Bradshaw DJ, Fulford MR, Marsh PD. Microbiological evaluation of range of disinfectant products to control mixed species biofilm contamination in a laboratory model of a dental unit water system. *Applied and Environmental Microbiology* 2003;69:3327-3332
- (113) Walker JT, Marsh PD. A review of biofilms and their role in microbial contamination of dental unit water systems (DUWS). *International Biodeterioration and Biodegradation* 2004;54:87-98
- (114) Walker RJ, Burke FJ, Miller CH, Palenik CJ. An investigation of the microbial contamination of dental unit air and water lines. *International Dentistry Journal* 2004;54:438-444
- (115) Williams HN, Johnson A, Kelly JI, Baer ML, King TS, Mitchell B, Hasler J. Bacterial contamination of the water supply in newly installed dental units: *Quintessence Int* 1995;26:331-337
- (116) Williams HN, Paszko-Kolva C, Shahamat M, Palmer C, Pettis C, Kellery JI. Molecular techniques reveal high prevalence of *Legionella* in dental units. *Journal of the American dental Association* 1996;127(8):1188-93
- (117) Williams JF, Andrews N, Santiago JI. Microbial contamination of dental unit waterlines: current preventive measures and emerging options. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 1996;17:691-708
- (118) Williams JF, Johnston AM, Johnson B, Huntington MK, Mackenzie CD. Microbial contamination of dental unit waterlines: prevalence, intensity and microbiological characteristics. *Journal of the American Dental Association* 1993;124:59-65
- (119) Williams JF, Molinari JA, Andrews N. Microbial contamination of dental unit waterlines: origins and characteristics. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 1996;17:538-58
- (120) Wirthlin MR, Marshall GW JR. Evaluation of ultrasonic scaling unit waterline contamination after use of chlorine dioxide mouthrinse. *Journal of Periodontal Research* 2001;72:401-410
- (121) Wolff SM. Biological effects of bacterial endotoxins in man. *Journal of Infectious Diseases*. 1973;128:259-264
- (122) Yu VL. Could aspiration be the major mode of transmission for *Legionella*? *American Journal of Medicine* 1993;95(1):16-22

(123) Zanetti F, De Luca G, Stampi S, Fateh-Moghadam P, Bucci Sabattini MA, Checchi L. Water characteristics associated with the occurrence of Legionella pneumophila in dental units. *European Journal of Oral Sciences* 2000;108:22-28

(124) Zhang W, Onyango O, Lin Z, Lee SS, Li Y. Evaluation of Sterilox for controlling microbial biofilm contamination of dental water. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2007;28(11):586-8, 590-2.

(125) Zinkevich V, Beech IB, Trapper R. The effect of super – oxidized water on Escherichia coli. *Journal of Hospital Infection* 2000;46:153-156

Anhang: Tabelle der ermittelten Werte

Praxis	Zimmer	Entnahmeort	AbZeit	Desinf.	Datum	KBE22/ml	KBE36/ml	KBER2A/ml	RLU	Pyo	Legionella	Spezies
1	2	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	0	116	500000		0	0	
1	1	Spritze	0	0	03.03.08	0	200	500000	1882	0	0	
1	2	Spritze	0	0	03.03.08	0	38	500000	3613	0	0	
1	1	Turbine	0	0	03.03.08	0	0	500000		0	0	
1	2	Turbine	0	0	03.03.08	0	1	500000		0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	0	03.03.08	0	2	39	279	0	0	
1	1	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	1	0	500000		0	0	
1	1	Spritze	0	0	07.03.08	25	960	8000	7123	0	0	
1	2	Spritze	0	0	07.03.08	2000	1200	2800	6539	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.03.08	2800	3200	10000	7636	0	0	
1	1	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	1200	500000				
1	2	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	25	960				
1	1	Turbine	0	0	07.03.08	0	1200	1680				
1	2	Turbine	0	0	07.03.08	0	120	10000				
1	1	Spritze	1	0	07.04.08	0	2	1600	6438	0	0	
1	1	Spritze	0	0	07.04.08	0	2	500000	10367	0	0	
1	2	Spritze	1	0	07.04.08	0	0	500000	13349	0	0	
1	2	Spritze	0	0	07.04.08	0	0	500000	16786	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.04.08	0	1	640	392	0	0	
1	2	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	4	1600				
1	1	Turbine	0	0	07.04.08	0	0	500000				
1	2	Turbine	0	0	07.04.08	0	2	500000				
1	1	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	1	5	500000				
1	1	Spritze	0	0	09.04.08	0	1000	5000	25001	0	0	
1	2	Spritze	0	0	09.04.08	0	2000	10000	26003	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	0	09.04.08	34	12	5	9401	0	0	
1	2	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	90	10000				
1	1	Turbine	0	0	09.04.08	0	3	5000				

1	2	Turbine	0	0	09.04.08	0	100	10000				
1	1	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	10000	2000	10000				
1	2	Spritze	1	0	10.03.08	0	0	150000	3465	0	3	L.bozemanii
1	1	Spritze	1	0	10.03.08	0	150	9600	5359	0	0	
1	1	Spritze	0	0	10.03.08	0	500	120000	25559	0	0	
1	2	Spritze	0	0	10.03.08	0	350	16000	26401	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	0	10.03.08	0	6080	16000	26959	0	0	
1	1	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	0	10400				
1	2	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	10	7200				
1	1	Turbine	0	0	10.03.08	0	10	8000				
1	2	Turbine	0	0	10.03.08	0	10	24000				
1	1	Spritze	0	0	11.04.08	0	160	100000	17636	0	0	
1	2	Spritze	0	0	11.04.08	10	4000	4000	1467	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	0	11.04.08	130	140	100000	773	0	0	
1	1	Turbine	0	0	11.04.08	30	0	3100				
1	1	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	40	0	4000				
1	2	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	1000	500	100000				
1	2	Turbine	0	0	11.04.08	1000	500	50				
1	1	Spritze	0	0	28.04.08	0	0	0	0	0	0	
1	1	Mundglasfüller	0	0	28.04.08	0	0	0	0	0		
1	1	Spritze	1	1	06.05.08	0	0	12	882	0	0	
1	1	Spritze	0	1	06.05.08	0	0	0	874	0	0	
1	2	Spritze	1	1	06.05.08	0	0	14	2187	0	0	
1	2	Spritze	0	1	06.05.08	0	0	33	571	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	1	06.05.08	0	120	880	4550	0	0	
1	1	Mundglasfüller	0	1	06.05.08	0	0	7				
1	2	Mundglasfüller	0	1	06.05.08	0	0	32				
1	1	Turbine	0	1	06.05.08	0	0	0				
1	2	Turbine	0	1	06.05.08	0	0	0				
1	1	Spritze	0	1	09.05.08	0	0	0	440	0	0	
1	2	Spritze	0	1	09.05.08	0	0	0	1903	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	1	09.05.08	0	0	0	751	0	0	
1	2	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	0	0	0				
1	1	Turbine	0	1	09.05.08	0	2	1				

1	2	Turbine	0	1	09.05.08	0	0	1				
1	1	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	3	0	1				
1	1	Spritze	1	2	26.05.08	0	0	0	855	0	0	
1	1	Spritze	0	2	26.05.08	0	0	0	1299	0	0	
1	2	Spritze	1	2	26.05.08	0	0	0	3997	0	0	
1	2	Spritze	0	2	26.05.08	0	0	0	6971	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	2	26.05.08	0	0	90	616	0	0	
1	1	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	0	0				
1	2	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	0	1				
1	1	Turbine	0	2	26.05.08	0	0	0				
1	2	Turbine	0	2	26.05.08	0	0	0				
1	1	Spritze	0	2	30.05.08	0	1	0	1895	0	0	
1	2	Spritze	0	2	30.05.08	0	0	0	409	0	0	
1	0	Zentr.Versorg.	0	2	30.05.08	0	0	0	264	0	0	
1	1	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
1	2	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
1	1	Turbine	0	2	30.05.08	0	0	0				
1	2	Turbine	0	2	30.05.08	0	1	0				
2	2	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	0	960	1200		0	0	
2	0	Zentr.Versorg.	0	0	03.03.08	0	43	24	141	0	0	
2	2	Spritze	0	0	03.03.08	800	960	2400	8877	0	0	
2	2	Turbine	0	0	03.03.08	6000	10000	500000		0	0	
2	1	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	500000	500000	500000			0	
2	1	Spritze	0	0	03.03.08	500000	500000	500000	80570	0	0	
2	1	Turbine	0	0	03.03.08	500000	500000	500000		0	0	
2	1	Spritze	0	0	07.03.08	0	400000	1200000	51399	0	0	
2	2	Spritze	0	0	07.03.08	0	9600	10800	10411	0	0	
2	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.03.08	0	800	920	633	0	0	
2	1	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	256000	960000				
2	2	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	12000	880				
2	1	Turbine	0	0	07.03.08	0	184000	1200000				
2	2	Turbine	0	0	07.03.08	32000	16000	40000				
2	2	Spritze	1	0	07.04.08	0	1000	500000	22246	0	0	
2	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.04.08	1	400	800	2234	0	0	

2	1	Spritze	1	0	07.04.08	500000	5000	500000	330743	0	0
2	1	Spritze	0	0	07.04.08	500000	500000	500000	115850	0	0
2	2	Spritze	0	0	07.04.08	500000	500000	500000	137987	0	0
2	1	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	5000	500000			
2	2	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	500000	500000	500000			
2	1	Turbine	0	0	07.04.08	500000	500000	500000			
2	2	Turbine	0	0	07.04.08	500000	500000	500000			
2	0	Zentr.Versorg.	0	0	09.04.08	0	2	20	1289	0	0
2	2	Spritze	0	0	09.04.08	100	1300	3800	3358	0	0
2	1	Spritze	0	0	09.04.08	1000	160000	200000	717947	0	0
2	1	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	200	900			
2	2	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	11200	12400			
2	1	Turbine	0	0	09.04.08	0	2100	20800			
2	2	Turbine	0	0	09.04.08	0	26400	100000			
2	1	Spritze	1	0	10.03.08	0	3000	37000	315518	0	0
2	1	Spritze	0	0	10.03.08	0	134000	1600000	237414	0	0
2	2	Spritze	1	0	10.03.08	0	0	4000	3377	0	0
2	2	Spritze	0	0	10.03.08	0	4000	74000	23354	0	0
2	0	Zentr.Versorg.	0	0	10.03.08	0	0	910	28862	0	0
2	1	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	16000	640000			
2	2	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	0	82000			
2	2	Turbine	0	0	10.03.08	0	6000	200000			
2	1	Turbine	0	0	10.03.08	1000	4000	560000			
2	1	Spritze	0	0	11.04.08	0	3000	40000	64739	0	0
2	2	Spritze	0	0	11.04.08	0	30	1000	6632	0	0
2	0	Zentr.Versorg.	0	0	11.04.08	0	0	23	430	0	0
2	1	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	0	30	2600			
2	1	Turbine	0	0	11.04.08	0	1500	20000			
2	2	Turbine	0	0	11.04.08	0	160	16000			
2	2	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	4	350	12800			
2	1	Spritze	1	1	05.05.08	0	9600	10000	37513	0	0
2	1	Spritze	0	1	05.05.08	0	0	0	15348	0	0
2	2	Spritze	1	1	05.05.08	0	85	640	1590	0	0
2	2	Spritze	0	1	05.05.08	0	0	480	7224	0	0

2	0	Zentr.Versorg.	0	1	05.05.08	0	800	480	1678	0	0	
2	1	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	0	8000	9600				
2	2	Turbine	0	1	05.05.08	0	640	1200				
2	1	Turbine	0	1	05.05.08	10000	8000	15000				
2	2	Mundglasfüller	0	1	05.05.08							
2	1	Spritze	0	1	09.05.08	2000	2400	500000	80600	0	25	L.bozemanii
2	0	Zentr.Versorg.	0	1	09.05.08	1	5	44	882	0	0	
2	2	Spritze	0	1	09.05.08	2000	16000	500000	535877	0	0	
2	2	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	0	420	500000				
2	2	Turbine	0	1	09.05.08	0	4000	500000				
2	1	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	1	1200	500000				
2	1	Turbine	0	1	09.05.08	500000	1440	500000				
2	1	Spritze	1	2	26.05.08	0	15000	500000	180550	0	0	
2	1	Spritze	0	2	26.05.08	0	500000	500000	555291	0	0	
2	2	Spritze	1	2	26.05.08	0	15000	500000	94317	0	0	
2	2	Spritze	0	2	26.05.08	0	20000	500000	110789	0	0	
2	0	Zentr.Versorg.	0	2	26.05.08	10	70	60	2079	0	0	
2	1	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	2800	50000				
2	2	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	3200	50000				
2	1	Turbine	0	2	26.05.08	0	2400	500000				
2	2	Turbine	0	2	26.05.08	0	4800	500000				
2	1	Spritze	0	2	30.05.08	0	12000	80000	16112	0	0	
2	2	Spritze	0	2	30.05.08	0	16000	56000	26657	0	0	
2	0	Zentr.Versorg.	0	2	30.05.08	0	0	290	322	0	0	
2	1	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
2	2	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
2	1	Turbine	0	2	30.05.08	0	4800	40000				
2	2	Turbine	0	2	30.05.08	0	0	200				
3	1	Spritze	0	0	07.04.08	0	75	1000	8562	0	3	L.bozemanii
3	2	Spritze	1	0	07.04.08	0	0	1600	3019	0	0	
3	1	Spritze	0	0	07.04.08	0	4	2400	6167	0	0	
3	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.04.08	0	7	160	1094	0	0	
3	1	Spritze	1	0	07.04.08	10	35	1000	3090	0	0	
3	2	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	0	500000				

3	1	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	160	138	200				
3	1	Turbine	0	0	07.04.08	500000	500000	500000				
3	2	Turbine	0	0	07.04.08	500000	500000	500000				
3	0	Zentr.Versorg.	0	0	09.04.08	0	38	68	585	0	0	
3	1	Spritze	0	0	09.04.08	2	1000	1000000	18989	0	0	
3	2	Spritze	0	0	09.04.08	14	500000	960	16821	0	0	
3	1	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	5	640	400				
3	2	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	1000	2000	20000				
3	2	Turbine	0	0	09.04.08	5000	2600	200000				
3	1	Turbine	0	0	09.04.08	100000	32000	1000000				
3	2	Spritze	0	0	10.03.08	0	0	13600	15973	0	19	L.bozemanii
3	2	Spritze	1	0	10.03.08	0	0	100000	2638	0	2	L.bozemanii
3	1	Spritze	1	0	10.03.08	0	10	4570	2069	0	0	
3	1	Spritze	0	0	10.03.08	0	0	5600	9562	0	0	
3	0	Zentr.Versorg.	0	0	10.03.08	0	90	650	2421	0	0	
3	1	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	0	32000				
3	1	Turbine	0	0	10.03.08	0	0	14400				
3	2	Turbine	0	0	10.03.08	0	0	1800				
3	2	Mundglasfüller	0	0	10.03.08							
3	1	Spritze	0	0	11.04.08	0	1500	24000	6851	0	0	
3	2	Spritze	0	0	11.04.08	0	300	2000	4726	0	0	
3	0	Zentr.Versorg.	0	0	11.04.08	0	0	720	627	0	0	
3	1	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	0	1000	4900				
3	2	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	50	600	15000				
3	1	Turbine	0	0	11.04.08	1000	2000	56000				
3	2	Turbine	0	0	11.04.08	1000	280	4300				
3	1	Spritze	1	1	05.05.08	0	2	500000	2910	0	0	
3	1	Spritze	0	1	05.05.08	0	0	424	2574	0	0	
3	2	Spritze	1	1	05.05.08	0	720	800	108256	0	0	
3	2	Spritze	0	1	05.05.08	0	6	1760	400788	0	0	
3	0	Zentr.Versorg.	0	1	05.05.08	0	16	90	393	0	0	
3	1	Turbine	0	1	05.05.08	9	960	25000				
3	2	Turbine	0	1	05.05.08	960	1200	50000				
3	1	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	8000	30000	50000				

3	2	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	40000	25000	500000				
3	0	Zentr.Versorg.	0	1	09.05.08	2	38	180	2424	0	0	
3	1	Spritze	0	1	09.05.08	5000	10000	500000	58211	0	0	
3	2	Spritze	0	1	09.05.08	6000	10000	500000	74509	0	0	
3	1	Turbine	0	1	09.05.08	30	480	800				
3	2	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	120	7500	500000				
3	1	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	300	1600	500000				
3	2	Turbine	0	1	09.05.08	10000	20000	500000				
3	1	Spritze	1	2	26.05.08	0	330	500000	4350	0	0	
3	1	Spritze	0	2	26.05.08	0	1500	500000	55241	0	0	
3		Spritze	1	2	26.05.08	0	210	3200	6625	0	0	
3	2	Spritze	0	2	26.05.08	0	2000	50000	118418	0	0	
3	0	Zentr.Versorg.	0	2	26.05.08	0	0	48	718	0	0	
3	1	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	2480	500				
3	0	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	2880	20000				
3	1	Turbine	0	2	26.05.08	0	280	350				
3	2	Turbine	0	2	26.05.08	0	20000	50000				
3	1	Spritze	0	2	30.05.08	0	220	2640	1145	0	0	
3	0	Zentr.Versorg.	0	2	30.05.08	0	0	350	265	0	0	
3	2	Spritze	0	2	30.05.08	10	3200	24000	171	0	0	
3	1	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	400	1600				
3	2	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	10	1200	32000				
3	1	Turbine	0	2	30.05.08	3600	120	9920				
3	2	Turbine	0	2	30.05.08	8000	16000	32000				
4	0	Zentr.Versorg.	0	0	03.03.08	0	1	50	1619	0	0	
4	1	Spritze	0	0	03.03.08	320	200	500000	5881	0	0	
4	2	Spritze	0	0	03.03.08	8000	3200	500000	346807	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	0	89	1040				
4	2	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	3	1040	500000				
4	1	Turbine	0	0	03.03.08	925	3200	500000				
4	2	Turbine	0	0	03.03.08	2600	3200	500000				
4	1	Spritze	0	0	07.03.08	0	550	12000	11731	0	0	
4	2	Spritze	0	0	07.03.08	0	100	4000	15254	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.03.08	544	672	680	6781	0	0	

4	1	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	560	2800				
4	1	Turbine	0	0	07.03.08	1	2000	12000				
4	2	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	8000	12000	20800				
4	2	Turbine	0	0	07.03.08	10400	17600	38400				
4	1	Spritze	1	0	07.04.08	0	150	224	761	0	0	
4	1	Spritze	0	0	07.04.08	0	500000	500000	8604	0	0	
4	2	Spritze	1	0	07.04.08	0	640	2400	2400	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.04.08	0	2	10	875	0	0	
4	2	Spritze	0	0	07.04.08	80000	10400	500000	63796	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	0	57				
4	1	Turbine	0	0	07.04.08	0	800	2400				
4	2	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	500000	500000	500000				
4	2	Turbine	0	0	07.04.08	500000	500000	500000				
4	1	Spritze	0	0	09.04.08	0	20000	160000	32254	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	0	09.04.08	4	6	120	7170	0	0	
4	2	Spritze	0	0	09.04.08	500000	10000	500000	176665	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	13	5000				
4	2	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	7200	64000				
4	1	Turbine	0	0	09.04.08	0	1600	5000				
4	2	Turbine	0	0	09.04.08	80000	80000	500000				
4	1	Spritze	0	0	10.03.08	0	150	28000	90616	0	0	
4	2	Spritze	1	0	10.03.08	0	100	900	2880	0	0	
4	2	Spritze	0	0	10.03.08	0	5000	500000	20517	0	0	
4	1	Spritze	1	0	10.03.08	60	230	12000	8793	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	0	10.03.08	60	20	90	623	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	180	400000				
4	2	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	0	10000				
4	1	Turbine	0	0	10.03.08	0	800	45000				
4	2	Turbine	0	0	10.03.08	0	12500	11200				
4	0	Zentr.Versorg.	0	0	11.04.08	16	13	0	2442	0	0	
4	2	Spritze	0	0	11.04.08	2000	5000	500000	1786	0	0	
4	1	Spritze	0	0	11.04.08	10000	10000	200000	118364	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	0	50	9600				
4	1	Turbine	0	0	11.04.08	0	590	100000				

4	2	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	10000	2000	200000				
4	2	Turbine	0	0	11.04.08	50000	50000	500000				
4	1	Spritze	0	1	05.05.08	0	18	450	1824	0	0	
4	2	Spritze	0	1	05.05.08	0	1	0	5209	0	0	
4	1	Spritze	1	1	05.05.08	22	28	64	14419	0	0	
4	2	Spritze2m	1	1	05.05.08	200	3200	500000	6804	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	1	05.05.08	960	58	1280	17292	0	0	
4	1	Turbine	0	1	05.05.08	13	960	5000				
4	1	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	30	2500	500000				
4	2	Turbine	0	1	05.05.08	400	960	8000				
4	2	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	3000	5000	500000				
4	2	Spritze	0	1	09.05.08	100	2500	500000	17842	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	1	09.05.08	256	200	600	6018	0	0	
4	1	Spritze	0	1	09.05.08	720	5000	10000	6760	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	0	0	80				
4	2	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	0	0	0				
4	2	Turbine	0	1	09.05.08	1	0	32				
4	1	Turbine	0	1	09.05.08	160	2400	5000				
4	1	Spritze	1	2	26.05.08	0	0	0	2138	0	0	
4	1	Spritze	0	2	26.05.08	0	0	0	1898	0	0	
4	2	Spritze	1	2	26.05.08	120	2000	500000	3934	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	2	26.05.08	200	36	2500	4095	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	0	0				
4	2	Spritze	0	2	26.05.08	0	1600	48000	340	0		
4	1	Turbine	0	2	26.05.08	0	0	1200				
4	2	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	5	0	0				
4	2	Turbine	0	2	26.05.08	150	23	500000				
4	1	Spritze	0	2	30.05.08	0	0	0	1097	0	0	
4	0	Zentr.Versorg.	0	2	30.05.08	400	490	4000	1059	0	0	
4	1	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
4	2	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
4	1	Turbine	0	2	30.05.08	0	0	40				
4	2	Turbine	0	2	30.05.08	0	0	290				
5	1	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	0	920	800	0	0	0	

5	0	Zentr.Versorg.	0	0	03.03.08	0	0	64	423	0	0
5	1	Turbine	0	0	03.03.08	15	16	2800		0	0
5	1	Spritze	0	0	03.03.08	35	1680	3600	10228	0	0
5	2	Mundglasfüller	0	0	03.03.08	70	400	200		0	0
5	2	Turbine	0	0	03.03.08	320	280	960		0	0
5	2	Spritze	0	0	03.03.08	960	320	864	5766	0	0
5	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.03.08	0	0	2160	1273	0	0
5	2	Spritze	0	0	07.03.08	24000	40000	500000	27757	0	0
5	1	Spritze	0	0	07.03.08	25000	25000	500000	2466	0	0
5	1	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	1760	17600	9600			
5	2	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	2000	200	2880			
5	1	Turbine	0	0	07.03.08	12000	12000	50000			
5	2	Turbine	0	0	07.03.08	96000	28000	500000			
5	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.04.08	0	1	31	301	0	0
5	1	Spritze	0	0	07.04.08	640	800	328	19093	0	0
5	2	Spritze	1	0	07.04.08	1000	1000	640	17648	0	0
5	2	Spritze	0	0	07.04.08	2000	2000	960	16218	0	0
5	1	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	4	248			
5	2	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	2	160			
5	1	Spritze	1	0	07.04.08	480	400	320	9848	0	
5	1	Turbine	0	0	07.04.08	2000	2000	1600			
5	2	Turbine	0	0	07.04.08	2000	2000	2400			
5	0	Zentr.Versorg.	0	0	09.04.08	0	0	2	386	0	0
5	2	Spritze	0	0	09.04.08	80000	96000	28000	4871	0	0
5	1	Spritze	0	0	09.04.08	160000	136000	200000	19717	0	0
5	2	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	18	360			
5	1	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	1200	2400	5000			
5	2	Turbine	0	0	09.04.08	64000	48000	72000			
5	1	Turbine	0	0	09.04.08	160000	136000	48000			
5	2	Spritze	1	0	10.03.08	15000	32800	50000	3964	0	0
5	2	Spritze	0	0	10.03.08	56000	12800	28000	1684	0	0
5	1	Spritze	0	0	10.03.08	92000	240000	80000	17001	0	0
5	1	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	1800	10300			
5	2	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	0	1800			

5	1	Turbine	0	0	10.03.08	13000	160000	96000				
5	1	Spritze	1	0	10.03.08	96000	100000	60000	26452	0		
5	2	Turbine	0	0	10.03.08	129500	240000	25000				
5	0	Zentr.Versorg.	0	0	11.04.08	0	15	22	463	0	0	
5	1	Spritze	0	0	11.04.08	800	1600	13000	2052	0	0	
5	2	Spritze	0	0	11.04.08	2000	4200	5200	2423	0	0	
5	1	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	0	10	900				
5	2	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	90	1600	4300				
5	2	Turbine2	0	0	11.04.08	420	370	900				
5	1	Turbine	0	0	11.04.08	3200	1780	14000				
5	1	Spritze	0	1	05.05.08	0	4	1	1449	0	0	
5	2	Spritze	0	1	05.05.08	0	0	0	1216	0	0	
5	1	Spritze	0	2	26.05.08	0	350	2400	1122	0	0	
5	2	Spritze	0	2	26.05.08	0	0	170	352	0	0	
5	0	Zentr.Versorg.	0	2	26.05.08	0	60	2240	753	0	0	
5	1	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	0	0				
5	2	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	10000	500000				
5	1	Turbine	0	2	26.05.08	0	120	1440				
5	2	Turbine	0	2	26.05.08	1000	10000	500000				
5	1	Spritze	0	2	30.05.08	0	0	0	1097	0	0	
5	0	Zentr.Versorg.	0	2	30.05.08	400	490	4000	1059	0	0	
5	1	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
5	2	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	0				
5	2	Spritze	0	2	30.05.08	0	1600	48000	340	0		
5	1	Turbine	0	2	30.05.08	0	0	40				
5	2	Turbine	0	2	30.05.08	0	0	290				
6	1	Spritze	1	0	07.03.08	0	20	28000	161	0	0	
6	1	Spritze	0	0	07.03.08	0	0	48000	40994	0	0	
6	2	Spritze	1	0	07.03.08	0	0	800	3754	0	0	
6	2	Spritze	0	0	07.03.08	0	0	12000	89513	0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.03.08	0	4800	17600	9231	0	0	
6	1	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	0	10400				
6	2	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	80	12000				
6	1	Turbine	0	0	07.03.08	0	590	32000				

6	2	Turbine	0	0	07.03.08	0	0	10400				
6	1	Spritze	0	0	07.04.08	0	500000	500000	317260	0	0	
6	2	Spritze	1	0	07.04.08	0	2000	500000	18031	0	0	
6	2	Spritze	0	0	07.04.08	0	800	500000	244263	0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.04.08	0	5000	500000	27116	0	0	
6	1	Spritze	1	0	07.04.08	4800	5000	500000	35921	0	0	
6	1	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	2000	500000				
6	1	Turbine	0	0	07.04.08	1	200	320				
6	2	Turbine	0	0	07.04.08	1	1000	500000				
6	2	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	640	640	500000		570		
6	1	Spritze	0	0	09.04.08	0	1920	20000	77571	0	0	
6	2	Spritze	0	0	09.04.08	0	1840	20000	65866	0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	0	09.04.08	0	10	20	1726	0	0	
6	2	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	1120	16000				
6	1	Turbine	0	0	09.04.08	0	10	0				
6	2	Turbine	0	0	09.04.08	0	800	30000				
6	1	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	20	600	8000				
6	1	Spritze	0	0	11.04.08	0	520	48000	20475	0	0	
6	2	Spritze	0	0	11.04.08	0	340	20000	9888	0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	0	11.04.08	0	1	21	238	0	0	
6	1	Turbine	0	0	11.04.08	0	1150	40000				
6	2	Turbine	0	0	11.04.08	10	350	15000				
6	1	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	50	8000	24000				
6	2	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	800	6400	100000				
6	1	Mundglasfüller	0	1	28.04.08	0	0	0		0	0	
6	1	Spritze	0	1	28.04.08	0	0	0		0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	1	05.05.08	0	0	1	736	0	0	
6	2	Spritze	0	1	05.05.08	1	0	500000	123600	0	0	
6	1	Spritze	0	1	05.05.08	41	55	500000	26298	0	0	
6	2	Spritze	1	1	05.05.08	5000	500000	500000	240836	0	0	
6	1	Spritze	1	1	05.05.08	500000	500000	500000	89390	0	0	
6	1	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	0	0	3				
6	2	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	0	0	4				
6	1	Turbine	0	1	05.05.08	130	29	880				

6	2	Turbine	0	1	05-05.08	500000	500000	5000				
6	1	Spritze	0	1	09.05.08	0	95	360	1126	0	0	
6	2	Spritze	0	1	09.05.08	0	120	480	3802	0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	1	09.05.08	0	0	192	1462	0	0	
6	1	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	25	110	520				
6	2	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	44	54	320				
6	2	Turbine	0	1	09.05.08	85	320	1000				
6	1	Turbine	0	1	09.05.08	400	70	1600				
6	2	Spritze	1	2	26.05.08	0	0	1000	786	0	0	
6	2	Spritze	0	2	26.05.08	0	1	1000	7382	0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	2	26.05.08	0	0	0	1019	0	0	
6	1	Spritze	1	2	26.05.08	380	2200	20000	3560	0	0	
6	1	Spritze	0	2	26.05.08	2000	2000	5000	6229	0	0	
6	1	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	440	200				
6	2	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	0	0				
6	2	Turbine	0	2	26.05.08	0	0	0				
6	1	Turbine	0	2	26.05.08	4	1200	2000				
6	1	Spritze	0	2	30.05.08	0	300	400	563	0	0	
6	2	Spritze	0	2	30.05.08	0	40000	56000	8007	0	0	
6	0	Zentr.Versorg.	0	2	30.05.08	30	0	10	329	0	0	
6	1	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	30	780				
6	1	Turbine	0	2	30.05.08	0	4000	800				
6	2	Turbine	0	2	30.05.08	0	160	16000				
6	2	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	10	130	1030				
7	2	Spritze	0	0	04.03.08	0	0	800	429	0	0	
7	1	Spritze	0	0	04.03.08	1	320	500000	35359	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	0	04.03.08	1	15	35	545	0	0	
7	2	Mundglasfüller	0	0	04.03.08	0	1040	1600	0	0		
7	1	Mundglasfüller	0	0	04.03.08	1	75	4800	0	0		
7	1	Turbine	0	0	04.03.08	1	560	500000	0	0		
7	2	Turbine	0	0	04.03.08	100.000	1200	500000	0	0		
7	1	Spritze	0	0	07.03.08	0	1600	40000	147209	0	0	
7	2	Spritze	0	0	07.03.08	18	0	50000	586	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.03.08	1840	2400	1680	8736	0	0	

7	1	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	0	20000				
7	2	Mundglasfüller	0	0	07.03.08	0	400	1600				
7	1	Turbine	0	0	07.03.08	0	1040	48000				
7	2	Turbine	0	0	07.03.08	0	0	52000				
7	1	Spritze	0	0	07.04.08	0	2000	500000	1858	0	0	
7	2	Spritze	1	0	07.04.08	0	1	500000	7110	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	0	07.04.08	0	0	500000	3706	0	0	
7	1	Spritze	1	0	07.04.08	7	2000	500000	4940	0	0	
7	2	Spritze	0	0	07.04.08	10	832	500000	13501	0	0	
7	1	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	0	0	500000				
7	2	Mundglasfüller	0	0	07.04.08	3	2000	500000				
7	1	Turbine	0	0	07.04.08	7	440	500000				
7	2	Turbine	0	0	07.04.08	500000	800	500000				
7	1	Spritze	0	0	09.04.08	0	0	26400	30755	0	0	
7	2	Spritze	0	0	09.04.08	0	0	2400	2376	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	0	09.04.08	0	0	5400	940	0	0	
7	1	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	23	5000				
7	2	Mundglasfüller	0	0	09.04.08	0	200	3000				
7	1	Turbine	0	0	09.04.08	0	20	20000				
7	2	Turbine	0	0	09.04.08	0	100	80000				
7	1	Spritze	1	0	10.03.08	0	100	200000	32231	0	0	
7	1	Spritze	0	0	10.03.08	0	0	320000	229553	0	0	
7	2	Spritze	1	0	10.03.08	0	0	4500	879	0	0	
7	2	Spritze	0	0	10.03.08	0	0	140000	797	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	0	10.03.08	0	100	400	996	0	0	
7	1	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	0	0	285000				
7	1	Turbine	0	0	10.03.08	0	500	205000				
7	2	Turbine	0	0	10.03.08	0	0	160000				
7	2	Mundglasfüller	0	0	10.03.08	100	500	4900				
7	1	Spritze	0	0	11.04.08	0	0	8800	977	0	0	
7	2	Spritze	0	0	11.04.08	0	0	500000	3345	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	0	11.04.08	0	80	2000	1499	0	0	
7	1	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	0	0	36				
7	2	Mundglasfüller	0	0	11.04.08	0	0	10400				

7	1	Turbine	0	0	11.04.08	0	13	40000				
7	2	Turbine	0	0	11.04.08	0	0	500000				
7	1	Spritze	1	1	05.05.08	0	1	4800	2824	0	0	
7	1	Spritze	0	1	05.05.08	0	3	80000	12725	0	0	
7	2	Spritze	1	1	05.05.08	0	0	240	641	0	0	
7	2	Spritze	0	1	05.05.08	0	560	600	645	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	1	05.05.08	320	368	12000	1029	0	0	
7	1	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	0	200	12000				
7	1	Turbine	0	1	05.05.08	13	29	64000				
7	2	Turbine	0	1	05.05.08	2000	4000	50000				
7	2	Mundglasfüller	0	1	05.05.08	50000	80000	500000				
7	2	Spritze	0	1	09.05.08	0	1	280	1980	0	0	
7	1	Spritze	0	1	09.05.08	9	720	500000	125790	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	1	09.05.08	520	1600	500000	38865	0	0	
7	2	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	0	0	40				
7	2	Turbine	0	1	09.05.08	0	1	600				
7	1	Mundglasfüller	0	1	09.05.08	1	85	500000				
7	1	Turbine	0	1	09.05.08	10	120	500000				
7	1	Spritze	1	2	26.05.08	0	2000	500000	162541	0	0	
7	1	Spritze	0	2	26.05.08	0	500000	500000	240747	0	0	
7	2	Spritze	1	2	26.05.08	0	0	200	2343	0	0	
7	2	Spritze	0	2	26.05.08	0	5000	500000	33759	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	2	26.05.08	500000	500000	500000	148699	0	0	
7	1	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	0	500000				
7	2	Mundglasfüller	0	2	26.05.08	0	2000	500000				
7	1	Turbine	0	2	26.05.08	0	500000	500000				
7	2	Turbine	0	2	26.05.08	0	2000	500000				
7	1	Spritze	0	2	30.05.08	0	2400	500000	74045	0	0	
7	2	Spritze	0	2	30.05.08	0	0	1600	2035	0	0	
7	0	Zentr.Versorg.	0	2	30.05.08	0	0	0	700	0	0	
7	1	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	0	400				
7	2	Mundglasfüller	0	2	30.05.08	0	1	480				
7	1	Turbine	0	2	30.05.08	0	1230	50000				
7	2	Turbine	0	2	30.05.08	0	17	6400				

Legende

Praxis: Zahnarztpraxis	KBE 22/ml: Koloniebildende Einheiten in Milliliter bei 22°C
Zimmer: Behandlungszimmer	KBE 36/ml: Koloniebildende Einheiten in Milliliter bei 36°C
Entnahmeort: Entnahmeort der Proben	KBE R2A/ml: Koloniebildende Einheiten in Milliliter bei R2A – Agar
AbZeit: Ablaufzeit des Wassers in Minuten	RLU: Relative light units
Desinf.: Desinfektionsstatus (0=ohne; 1=mit Desinfektion)	Pyo: Pseudomonaden
Datum: Tag der Probeentnahme	Spezies: Legionellenspezies
Legionella: Legionellen	

6 Danksagung

Ich bedanke mich herzlich für die Überlassung eines Arbeitsplatzes am Institut für Hygiene bei Herrn Prof. Dr. H. Karch.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. W. Mathys für die Überlassung des Themas und seine exzellente Betreuung dieser Arbeit. Sein Einsatz und seine Aufmerksamkeit haben enorm zum Erfolg dieser Studie beigetragen.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Hygieneinstitutes danke ich für die Hilfe und Unterstützung bei der Probenverarbeitung.

Des Weiteren bedanke ich mich bei den teilnehmenden Zahnärzten für die Zusammenarbeit und die Bereitstellung ihrer Behandlungseinheiten.

Der Firma GESUNDLEBEN GmbH & Co. KG möchte ich für die befristete Überlassung der Desinfektionsgeräte Ecaflo™ danken.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, meiner Großmutter und meinem Bruder, welche mir in den schwierigen Phasen dieser Arbeit mit Rat und Tat zur Seite standen und mich des Öfteren ermutigten durchzuhalten.

7 Tabellarischer Lebenslauf

