

Aus dem Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene
der Universität Rostock

Direktor_in: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Andreas Podbielski

Untersuchung zur mikrobiellen Belastung von Perlatoren bei unterschiedlichen Verkalkungsgraden an der Universitätsmedizin Rostock

Inauguraldissertation

zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Humanmedizin der Medizinischen
Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Ina Josephine Alice Antonenko
geboren am 18.11.1991 in Bremen

Mannheim, 30.01.2020

Dekan_in: Prof. Dr. med. Emil C. Reisinger

Gutachter_in 1: Prof. Dr. Dr. Andreas Podbielski

Einrichtung:

Universität Rostock, Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene

Gutachter_in 2: Prof. Dr. Michael Walter

Einrichtung:

Universität Rostock, Institut für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin

Gutachter_in 3: Prof. Dr. Katharina Riedel

Einrichtung:

Universität Greifswald, Institut für Mikrobiologie

Jahr der Einreichung: 2020

Jahr der Verteidigung: 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Nosokomiale Infektionen.....	1
1.1.1	Nosokomiale Infektionen durch Nasskeime.....	3
1.1.2	Bedeutung nosokomialer Infektionen für das Gesundheitswesen.....	5
1.1.3	Exogene Übertragungswege von Keimen	6
1.1.4	Tenazität von nosokomialen Erregern.....	7
1.2	Leitungswasser als mögliche Infektionsquelle	8
1.2.1	Trinkwasserqualität	8
1.2.2	Übliche Methoden der Umgebungsuntersuchung	9
1.3	Perlatoren als mögliche Infektionsquelle.....	10
1.4	Zielsetzung dieser Arbeit	11
2	Material und Methoden.....	12
2.1	Verwendete Geräte und Verbrauchsmaterialien	12
2.2	Untersuchte medizinische Einrichtungen	14
2.3	Kategorisierung und Auswahl der Perlatoren	15
2.4	Fotodokumentation	15
2.5	Probennahme und -transport.....	16
2.5.1	Probennahme durch Abstrich	16
2.5.2	Probennahme durch Wasserprobe	16
2.5.3	Probentransport	17
2.6	Kultivierung der Proben	17
2.6.1	Herstellung der Verdünnungsreihen.....	17
2.6.2	Probenansatz.....	17
2.6.3	Quantitative Auswertung der Proben und Vereinzelung.....	18
2.7	Keimidentifizierung	19
2.7.1	Massenspektrometrie mit MALDI-TOF	19
2.7.2	Gram-Färbung	19
2.7.3	Biochemische Auswertung der Spezies.....	20
2.7.4	Differenzierung der Spezies mittels Sequenzierung	22
2.7.5	Weitere Identifizierungsmethoden	23
2.8	Statistische Auswertung.....	23
3	Ergebnisse.....	25
3.1	Zuordnung der Perlatoren nach Verkalkungsgrad und Fachabteilung	25
3.2	Quantitative Auswertung der Abstriche	26
3.2.1	Ermittelte Keimlast eingeteilt nach dem Verkalkungsgrad der Perlatoren	26
3.2.2	Quantitative Darstellung der nachgewiesenen Keime klassifiziert nach Keimgruppen	27

3.2.3	Ermittelte Keimlast der Perlatoren eingeteilt nach dem Entnahmeort der Proben.....	29
3.3	Quantitative Auswertung der Wasserproben	30
3.3.1	Ermittelte Keimlast eingeteilt nach dem Verkalkungsgrad der Perlatoren	30
3.3.2	Quantitative Darstellung der nachgewiesenen Keime klassifiziert nach Keimgruppen	31
3.3.3	Ermittelte Keimlast der Perlatoren eingeteilt nach dem Entnahmeort der Proben.....	32
3.4	Relative Häufigkeit der Keimgruppen an den Abstrichen.....	33
3.5	Relative Häufigkeit der Keimgruppen in den Wasserproben	35
3.6	Nachgewiesene potenziell pathogene Mikroorganismen	37
4	Diskussion	41
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	50
6	Literaturverzeichnis	52
7	Eidesstattliche Erklärung.....	57
8	Anhang.....	58
8.1	Fotos der Perlatoren, gruppiert nach unterschiedlichen Verkalkungsgraden	58
8.2	Auflistung aller 90 Perlatoren.....	64
8.3	Zuordnung der einzelnen Spezies zu den Keimgruppen	65
8.4	Absolute Nachweishäufigkeit der Keimgruppen.....	67
8.5	Vergleich der Daten der Surveillance an der UMR aus dem Jahr 2015 mit Keimen dieser Studie.....	68
8.6	Rohdaten.....	71
8.6.1	Nicht/leichtgradig verkalkte Perlatoren.....	71
8.6.2	Mittelgradig verkalkte Perlatoren.....	75
8.6.3	Stark verkalkte Perlatoren:	80
8.7	Lebenslauf.....	85
8.8	Danksagung	86
8.9	Thesenblatt.....	87

Abkürzungsverzeichnis

ATP	Adenosintriphosphat
CEN	Comité Européen de Normalisation
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DIN	Deutsche Industrienorm
DGKH	Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene
EN	Europäische Norm
EPS	Exopolysaccharid
HNO	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
IfSG	Infektionsschutzgesetz
IMIKRO	Institut für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene
ISO	International Organization for Standardization
KBE	Koloniebildende Einheit
KISS	Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
KRINKO	Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
MALDI - TOF	Matrix-assisted Laser-Desorption-Ionisation – Time of Flight
NCBI	National Center for Biotechnology Information
NRZ	Nationales Referenzzentrum
PT	Patiententag
PCR	Polymerase Chain Reaction
RKI	Robert-Koch-Institut
SOP	Standard Operating Procedure
SENIC	Study on the Efficacy of Nosocomial Infection Control
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UMR	Universitätsmedizin Rostock
WHO	World Health Organisation
WSP	Water Safety Plan
ZVK	Zentraler Venenkatheter

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mögliche Übertragungswege von Nasskeimen im Krankenhaus	7
Abbildung 2: Wasserstrahlregler: Herkömmliches Modell mit Netz (a) und Hygiene- Modell der Firma NEOPERL (b).....	11
Abbildung 3: Verkalkungsgrade der Perlatoren.....	15
Abbildung 4: Abstrich-Schema für den Perlatorabstrich	16
Abbildung 5: Typisches Aussehen der Agar-Platten nach 5 Tagen.....	18
Abbildung 6: Verteilung der Perlatoren der drei Verkalkungsgrade auf die einzelnen medizinischen Einrichtungen der UMR	26
Abbildung 7: Mittelwerte der durch Abstriche bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade in logarithmischer Darstellung	27
Abbildung 8: Mittelwerte der durch Abstriche bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade für die einzelnen Erregergruppen in logarithmischer Darstellung.....	28
Abbildung 9: Mittelwerte der durch Abstriche bestimmten Keimlast der Perlatoren für die verschiedenen medizinischen Einrichtungen in logarithmischer Darstellung ...	29
Abbildung 10: Mittelwerte der durch Wasserproben bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade in logarithmischer Darstellung	30
Abbildung 11: Mittelwerte der durch Wasserproben bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade für die einzelnen Erregergruppen in logarithmischer Darstellung.....	31
Abbildung 12: Mittelwerte der durch Wasserproben bestimmten Keimlast der Perlatoren für die verschiedenen medizinischen Einrichtungen in logarithmischer Darstellung.....	32
Abbildung 13: Vergleich der relativen Häufigkeiten des Nachweises der Keimgruppen an den Abstrichen für die drei Verkalkungsgrade der zugehörigen Perlatoren	34
Abbildung 14: Vergleich der relativen Häufigkeiten des Nachweises der Keimgruppen in den Wasserproben für die drei Verkalkungsgrade der zugehörigen Perlatoren	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Laborgeräte mit Angaben zum Hersteller	12
Tabelle 2: Verwendete Verbrauchsmaterialien mit Angaben zum Hersteller.....	13
Tabelle 3: Verwendete Bakterien-Nährmedien mit Angaben zum Hersteller	13
Tabelle 4: Verwendete Chemikalien mit Angaben zum Hersteller.....	14
Tabelle 5: Verwendete Software mit Angaben zum Hersteller.....	14
Tabelle 6: Zuordnung der Perlatoren nach Verkalkungsgrad und medizinischer Einrichtung.....	25
Tabelle 7: Keimlastgrade und korrespondierender Mittelwert der Keimlast in KBE/Tupfer und KBE/ml	28
Tabelle 8: Die zehn häufigsten im Rahmen der klinischen Surveillance 2015 nachgewiesenen Keime in Patientenproben der UMR in absteigender Häufigkeit in Relation zur Häufigkeit des Nachweises des entsprechenden Keims an Abstrichen und in Wasserproben der Perlatoren dieser Studie.....	38
Tabelle 9: Keime mit Nachweis an ≥ 10 Perlatorabstrichen im Vergleich mit der Häufigkeit ihres Nachweises im Rahmen der klinischen Surveillance an der UMR im Jahr 2015.....	39
Tabelle 10: Keime mit Nachweis in ≥ 10 Wasserproben im Vergleich mit der Häufigkeit ihres Nachweises im Rahmen der klinischen Surveillance der UMR im Jahr 2015	39

1 Einleitung

1.1 Nosokomiale Infektionen

Eine nosokomiale Infektion ist laut Infektionsschutzgesetz (IfSG) eine systemische oder lokale Erkrankung als Reaktion auf die Infektion mit einem Erreger, die im zeitlichen Zusammenhang mit einem stationären Krankenhausaufenthalt oder einer ambulanten medizinischen Maßnahme steht und davor noch nicht bestand. Die Einordnung einer Krankheit als nosokomiale Infektion bedeutet jedoch nicht, dass ein medizinischer Eingriff zwingend für diese ursächlich war und bedingt auch keine Schuldzuweisung an Ärzte oder Pflegepersonal. Die Bezeichnung sagt zudem nicht aus, ob eine Infektion vermeidbar gewesen wäre oder nicht (Geffers et al. 2002). Seit dem Inkrafttreten des Infektionsschutzgesetzes am 01.01.2001 sind Krankenhäuser und Einrichtungen für ambulantes Operieren verpflichtet, das gehäufte Auftreten nosokomialer Infektionen, bei denen ein epidemiologischer Zusammenhang vermutet wird, an das zuständige Gesundheitsamt zu melden.

Zudem wurde die Einrichtung einer Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) am Robert-Koch-Institut (RKI) gesetzlich verankert. Diese gibt Empfehlungen zur Prävention nosokomialer Infektionen nach dem neuesten Stand der medizinischen Wissenschaft heraus.

Nosokomiale Infektionen gewinnen zunehmend an Bedeutung, insbesondere durch den Anstieg invasiver diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen. Diese schaffen trotz optimaler Technik und steriler Kautelen eine potenzielle Eintrittspforte für pathogene Erreger durch Eröffnen der Hautbarriere. Zudem steigt der Anteil an multimorbiden und damit für Infektionen anfälligeren Patienten (Hornberg et al. 2001). Als zwei weitere wichtige Risikofaktoren für nosokomiale Infektionen sind die Nicht-Einhaltung von Hygienestandards in allen Bereichen der Krankenhausroutine sowie der inadäquate Einsatz von Antiinfektiva zu nennen (Walger et al. 2013).

Bei nosokomialen Infekten wird zwischen exogenen, sowie primär- und sekundär endogenen Infektionen unterschieden. Exogene Infektionen sind die Folge einer direkten Keimaufnahme aus der Umgebung. Primär endogene Infektionen entstehen durch die patienteneigene mikrobielle Flora z.B. des Gastrointestinaltraktes oder der Haut. Sie können im Rahmen einer Verletzung des Integuments oder aufgrund von eingebrachtem Fremdmaterial, insbesondere wenn dieses eine Brücke zwischen den Oberflächen und dem Körperinneren eines Patienten

darstellt, ggf. in Kombination mit einer Immunschwäche des Patienten, zu einer Infektion führen. Bei den sekundär endogenen Infekten wurde diese mikrobielle Flora erst im Rahmen des stationären Aufenthalts erworben (Geffers et al. 2002). Laut der Deutsch-nationalen Punkt-Prävalenzerhebung zu nosokomialen Infektionen und Antibiotikaaanwendung, erhoben aus den Daten aller Stationen von 49 Krankenhäusern, waren im Jahr 2016 die häufigsten nosokomialen Infektionen in der Reihenfolge absteigender Häufigkeit: untere Atemwegsinfektionen, postoperative Wundinfektionen, Harnwegsinfektionen, *Clostridioides difficile* Infektionen und die primäre Sepsis. Die häufigsten Erreger von nosokomialen Infektionen waren in der Reihenfolge absteigender Häufigkeit: *Escherichia coli*, Enterokokken (*E. faecium* und *E. faecalis*), *Clostridioides difficile*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* und *Enterobacter cloacae* (Nationales Referenzzentrum für die Surveillance von nosokomialen Infektionen 2016).

Nosokomiale Infektionen beeinträchtigen signifikant den Erfolg medizinischer Eingriffe. Sie erhöhen die Kosten, insbesondere durch eine längere Krankenhausverweildauer und den zusätzlich notwendigen Einsatz teurer Antibiotika. Sie verursachen außerdem eine erhöhte physische und psychische Belastung des Patienten. Diese entsteht maßgeblich durch verstärkte Angst und Schmerzen im Rahmen einer nosokomialen Infektion sowie durch die verlängerte Arbeitsunfähigkeit (Hornberg et al. 2001).

In der Study on the Efficacy of Nosocomial Infection Control (SENIC) wurde davon ausgegangen, dass nur etwa 32 % der nosokomialen Infektionen potenziell vermeidbar seien (Hughes 1988). Sie basierte auf einer Analyse retrospektiver Daten aus Krankenhäusern in den USA von 1970-1976. Je nach günstiger bzw. weniger günstiger Ausgangslage ist auch ein größerer Anteil an abwendbaren nosokomialen Infekten möglich. So konnte beispielsweise in mehreren Intensivstationen in Michigan eine Reduktion von mit Zentralen Venenkathetern (ZVK) assoziierten Infektionen um bis zu 66% durch Implementierung eines Maßnahmenbündels erreicht werden. Die Reduktion erfolgte von 7,7 (eine ungünstige Ausgangslage, die auf zahlreiche hygienische Detailprobleme schließen lässt) auf 1,4 ZVK-assoziierten Infektionen pro 1000 Kathetertagen nach 16- bis 18-monatiger Nachbeobachtung. Dieses Maßnahmenbündel bestand aus fünf Vorgehensweisen: Antiseptik der Haut, Barrierschutz bei der Katheteranlage und beim Gebrauch derselben, Händehygiene, sofortige Entfernung des Katheters bei fehlender Indikation und Vermeidung von Kathetern in die Femoralvenen (Pronovost et al. 2006).

Zur Erfassung nosokomialer Infektionen am nationalen Referenzzentrum zur Surveillance nosokomialer Infektionen (NRZ) wurde in Deutschland 1996 das Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) eingeführt. Dieses soll medizinische Einrichtungen in die Lage versetzen, eine einheitliche Surveillance von nosokomialen Infekten unter Berücksichtigung lokaler Einfluss- und Risikofaktoren durchzuführen, um so eine bessere Vergleichbarkeit einzelner Einrichtungen zu ermöglichen. Die Erfassung der Daten erfolgt dabei nicht krankenhausesweit, sondern modularisiert, entsprechend bestimmter (Risiko-)Bereiche, Maßnahmen oder Erreger. Die entstehenden Daten werden vom NRZ ausgewertet und analysiert (Walger et al. 2013).

1.1.1 Nosokomiale Infektionen durch Nasskeime

Leitungswasser ist ein zentrales Nahrungsmittel für die deutsche Bevölkerung. Um dessen Sicherheit bezüglich biologischer und chemischer Gefährdungen zu garantieren, wurde die Trinkwasserverordnung (TrinkwV, siehe Kap. 1.2.1) erlassen. Diese spricht alle allgemeinen Lebensbereiche an, in denen Zugang zu Trinkwasser besteht. Darüber hinaus sind in der TrinkwV potenzielle Gefährdungsbereiche, wie z.B. Krankenhäuser erwähnt, für die besondere Qualitäts- bzw. Prüfvorgaben vorgegeben werden. Dies ist sachlich gerechtfertigt, da Trinkwasserkontakte auch im Krankenhaus ständig vorkommen und zudem ein Teil der Exponierten, die Patienten, für Infektionen eine zum Teil deutlich erhöhte Empfänglichkeit aufweisen. Insofern stellt Trinkwasser eine potenzielle Quelle für nosokomiale Infektionen dar (Anaissie et al. 2002).

Die im Leitungswasser vorkommenden Erreger, auch Nasskeime genannt, sind den Wasserleitungssystemen inhärent und gut daran adaptiert, in nährstoffarmen Medien zu wachsen (Williams et al. 2013). Diese Erreger sind zwar für gesunde Menschen in der Regel nicht gefährlich, können jedoch bei immunsupprimierten Patienten Infektionen hervorrufen (Vonberg und Graf 2012), weswegen sie als fakultativ pathogene Keime bezeichnet werden. Zu diesen Erregern gehören Bakterien, Pilze und Protozoen. Zu Ersteren gehören phylogenetisch die Actinobakterien, *Bacteroidetes*, Cyanobakterien, Planctomyceten und Proteobakterien. Unter diesen finden sich einige potenzielle Infektionserreger, wie die nicht-tuberkulösen Mykobakterien bei den Actinobakterien, *Sphingomonas paucimobilis* bei den α -Proteobakterien, Bakterien des *Burkholderia cepacia* Komplexes bei den β -Proteobakterien sowie *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Stenotrophomonas maltophilia* bei den γ -Proteobakterien (Williams et al. 2004; Williams et al. 2013). Alle genannten

Mikroorganismen besitzen darüber hinaus die Fähigkeit, Biofilme in Wasserleitungssystemen zu bilden.

In einem Übersichtsartikel zu nosokomialen Infektionen durch Mikroorganismen aus verschiedenen Arten von Wasser analysierten Ferranti et al. (2014) Artikel aus dem Zeitraum von 1990 bis 2012. Nosokomiale Infektionen durch typischerweise Wasser-gebundene Mikroorganismen traten demnach am häufigsten auf Intensivstationen (41,6%) auf. Des Weiteren wurde ein vermehrtes Auftreten in der Onkologie/Hämatologie, der Dialyse oder chirurgischen Transplantationszentren (zusammen 31,2%) festgestellt. Als häufigste Quelle der Infektionen konnte das Trinkwasser identifiziert werden. Die Kontamination des Wassers trat hierbei insbesondere am Ort der Entnahme auf.

In der Literatur finden sich viele Beispiele für nosokomiale Infektionen durch Nasskeime, insbesondere durch *Pseudomonas aeruginosa* und *Legionella pneumophila* (Lowry et al. 1991; Hoebe et al. 1998; Engelhart et al. 2002; Aumeran et al. 2007). Infektionen mit Nasskeimen können gravierende Folgen haben. Hier sind insbesondere Infektionen mit dem Glukose nur oxidativ verwertenden (sog. Non-Fermenter) *Pseudomonas aeruginosa* zu nennen. *Pseudomonas aeruginosa* bedingte Pneumonien waren von 1967 bis 2002 die Ursache von jährlich etwa 1400 Todesfällen in den USA (Anaissie et al. 2002). Allen voran sind vulnerable Patienten wie Frühgeborene besonders gefährdet. So starben zwischen 2011 und 2012 in Nordirland vier Frühgeborene an einer Infektion mit *Pseudomonas aeruginosa*, bei der Wasserauslassvorrichtungen als mögliche Infektionsquelle diskutiert wurden (Walker et al. 2014; Walker und Moore 2015).

Neben *Pseudomonas aeruginosa* können auch weitere Nasskeime zu teils gravierenden Infektionen führen. Perola et al. (2002) berichteten über einen *Sphingomonas paucimobilis* Stamm aus dem Leitungswasser, der zu rekurrenten Septikämien bei einem neutropenen Patienten einer hämatologischen Station geführt hatte.

Eine *Acinetobacter junii* assoziierte Bakteriämie wurde 1994 bei drei Kindern einer onkologischen Station beschrieben. Der Keim konnte in Leitungswasser und Perlatoren (Wasserstrahlreglern) nachgewiesen werden (Kappstein et al. 2000).

Stenotrophomonas maltophilia wird häufig bei besonders vulnerablen Patienten wie Schwerverletzten oder Patienten mit maligner Grunderkrankung unter laufender Chemotherapie nachgewiesen und ist bedingt durch seine intrinsischen Resistenzen gegen β -Lactam-Antibiotika und Aminoglykoside oft nur schwer zu behandeln (Muder et al. 1996; Verweij et al. 1998; Gajdács und Urbán 2019). Eine mögliche Quelle für *Stenotrophomonas*

maltophilia Infektionen ist kontaminiertes Trinkwasser (Verweij et al. 1998). Die Mortalität einer *Stenotrophomonas* Bakteriämie liegt mit 26,7% ähnlich hoch wie bei anderen nosokomialen Bakteriämien (Senol et al. 2002). 1995 wurde bei sieben Patienten einer chirurgischen Intensivstation *Stenotrophomonas maltophilia* nachgewiesen. Initiale Testungen der Waschbecken erbrachten keine Ergebnisse. Schließlich erfolgte der Nachweis des Keims in den Perlatoren von zwei Zimmern. Alle Perlatoren wurden ausgetauscht (Weber et al. 1999).

Die ab dem Ursprung jeglichen Trinkwassers vorliegende Kontamination mit Bakterien und anderen Mikroorganismen ist schwer zu eliminieren. Deswegen werden bei immunsupprimierten Patienten spezielle Sterilfilter an Duschköpfen und Wasserhähnen aufgesetzt und zugleich Umgebungsdekorationen, die Wasser beinhalten (wie etwa Springbrunnen), vermieden. Zusätzlich sollen Angehörige und Krankenhauspersonal durch spezielle Schulungen für dieses Thema sensibilisiert werden. Weitere wichtige Maßnahmen bei der Vermeidung nosokomialer Infekte durch Mikroorganismen sind zudem die Vorsicht beim Umgang mit anderen potenziellen Infektionsquellen wie medizinische Gerätschaften, durch die Wasser fließt bzw. die mit Wasser betrieben werden, und die Einführung eines regelmäßigen Reinigungs-/Desinfektionsprogramms für Badewannen, Duschen und Waschbecken, sowie die Verwendung von sterilfiltriertem Trinkwasser für Immunsupprimierte (Ferranti et al. 2014).

1.1.2 Bedeutung nosokomialer Infektionen für das Gesundheitswesen

In einer Studie stellten Avci et al. (2012) fest, dass Patienten im Alter von über 65 Jahren mit 2,49 Infektionen pro 1000 Patiententage (PT) eine signifikant höhere Rate an nosokomialen Infektionen aufweisen als jüngere Patienten zwischen 18 und 64 Jahren mit nur 1,64 Infektionen pro 1000 PT. Aufgrund der demografischen Entwicklung mit einer zunehmenden Alterung der Bevölkerung wird diese Problematik in Zukunft noch zusätzlich an Bedeutung gewinnen. Laut Berechnungen des Statistischen Bundesamts ist davon auszugehen, dass bis zum Jahr 2040 der Anteil der über 67-jährigen an der Bevölkerung auf 25 bis 27 % steigen wird (Statistisches Bundesamt 2019).

Laut Public Health Report 2002 erkrankten in den USA jährlich 1,7 Millionen Patienten an nosokomialen Infektionen. Dies entspricht 4,5 % aller stationären Patienten pro Jahr mit einer assoziierten Letalitätsrate von 5,9 %. In Deutschland liegt die entsprechende Infektionsrate laut der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH) bei etwa 5,5 %. Die assoziierte Letalitätsrate wurde für das Jahr 2006 auf 2,5 % geschätzt, dies ist laut DGKH im Vergleich z.B. mit den Daten aus den USA und Großbritannien jedoch eher niedrig bemessen und kritisch

zu hinterfragen. Zu beachten ist dabei, dass aufgrund methodischer und definitorischer Grenzen die Gesamtzahl der nosokomialen Infektionen weder in Deutschland noch den USA exakt bestimmt werden kann und sie in Realität ggf. höher liegt (Klevens et al. 2007; Walger et al. 2013).

Nosokomiale Infektionen sind eine erhebliche Belastung für den Patienten, verlängern die Liegezeiten im Krankenhaus und können die Letalität der Patienten erhöhen. Dies verursacht erhebliche Kosten (Geffers et al. 2002).

In einer 2003 veröffentlichten Studie analysierten Roberts et al. (2003) die durch nosokomiale Infektionen entstandenen Kosten anhand einer zufällig ausgewählten Gruppe von 164 erwachsenen Krankenhauspatienten in Chicago (USA). Die Kosten für die Behandlung der vermutlich infizierten ($n=8$) und der bewiesenen nosokomialen Infekte ($n=17$) wurden mit der Gruppe der nicht infizierten ($n=139$) verglichen. Patienten mit vermuteten nosokomialen Infekten verursachten im Mittel jeweils einen Kosten-Exzess von US-\$6.767. Bei Patienten mit bewiesenen nosokomialen Infekten war der verbundene Mehraufwand mit US-\$15.275 ungleich höher. In einer weiteren Studie analysierten Saavedra et al. (2015) die 2008 verursachten Kosten von Patienten ohne und mit einer nosokomialen Infektion an einem Krankenhaus in Bogotá (Kolumbien). Nosokomiale Infektionen führten zu einer Krankenhausaufenthaltsdauer von im Mittel 21 Tagen und Kosten in Höhe von etwa US-\$6.329 im Vergleich zu 5 Tagen und US-\$1.207 bei den nicht infizierten Patienten. Die Mortalität war zudem um 26,5% höher.

1.1.3 Exogene Übertragungswege von Keimen

Prinzipiell lassen sich zwei wichtige Übertragungswege von Keimen im Krankenhaus unterscheiden: die Übertragung durch Kontakt sowie die Übertragung durch die Luft (aerogen), hier konkret durch Tröpfchen oder durch Aerosole. Darüber hinaus existiert auch die Möglichkeit einer Keimübertragung durch Vektoren e.g. Insekten. Der letztere Weg ist im Krankenhaus eher die Ausnahme, kann allerdings nicht ganz ausgeschlossen werden.

Der Kontakt stellt den häufigsten Übertragungsweg für nosokomiale Infektionen dar. Dabei wird zwischen direktem und indirektem Kontakt unterschieden, letzteres unter Einbindung von verunreinigten Zwischenablagen, wie zum Beispiel Oberflächen von Einrichtungsgegenständen, sanitären Anlagen, Türklinken etc. Hierfür typische Spezies sind Enterobakterien, Nonfermenter, Sporenbildner, Staphylokokken und Streptokokken. Als Präventionsmaßnahmen eignen sich die Hände- und Flächendesinfektion sowie die Nutzung von Schutzkleidung bei engem Kontakt mit Patienten (Vonberg und Graf 2012).

Für nosokomiale Infektionen mit Nasskeimen durch Leitungswasser zeigt Abbildung 1 schematisch die möglichen Übertragungswege auf.

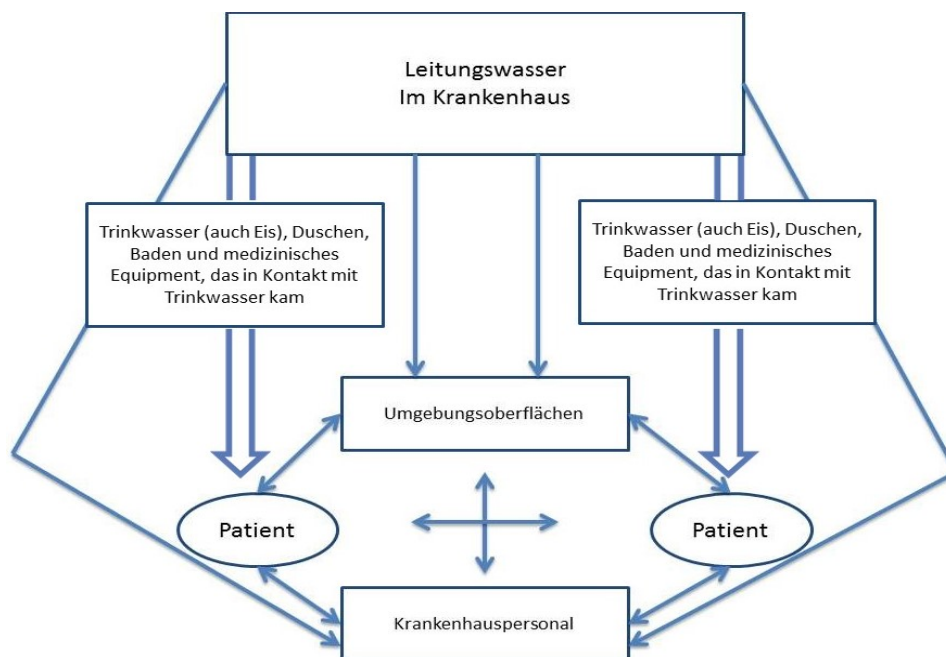


Abbildung 1: Mögliche Übertragungswege von Nasskeimen im Krankenhaus. Grafik nach Anaissie et al. (2002). Das Leitungswasser im Krankenhaus kann indirekt zur Kontamination einer Oberfläche führen und darüber entweder erst das Krankenhauspersonal und dann den Patienten oder letzteren direkt kontaminieren. Es kann auch eine Kontamination durch Trinkwasser oder Gegenstände erfolgen, welche vom Krankenhauspersonal weitergegeben werden und die zuvor in Kontakt mit Wasser kamen.

1.1.4 Tenazität von nosokomialen Erregern

Die Tenazität eines Erregers ist seine allgemeine Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen.

Nosokomiale Erreger haben unterschiedliche Fähigkeiten außerhalb des menschlichen Körpers zu überleben. Dabei haben umweltresistentere und über einen längeren Zeitraum infektiös bleibende Spezies eine höhere Chance übertragen zu werden (Gastmeier et al. 2006).

Weniger umweltresistente Mikroorganismen verbreiten sich eher über direkten Mensch-zu-Mensch-Kontakt oder ungenügende persönliche Hygienemaßnahmen als durch das Trinkwasser. Keime mit einer höheren Tenazität werden häufig auch über indirekten Kontakt, wie etwa kontaminierte Oberflächen, übertragen. Es bleibt jedoch festzustellen, dass unabhängig von der Tenazität der Erreger die Hände des medizinischen Personals das häufigste Übertragungsvehikel von Patient zu Patient sind (Vonberg und Graf 2012).

Eine Persistenz von Mikroorganismen im Wasser wird von vielen Faktoren beeinflusst. Der wichtigste Faktor ist die Temperatur. Das Absterben der Mikroorganismen beschleunigt sich in aller Regel bei höheren Temperaturen oberhalb des spezifischen Wachstumsoptimums (WHO 2017).

Umgehungsmechanismen finden sich zum Beispiel bei *Klebsiella pneumoniae* und *Escherichia coli*, häufig isolierten Spezies bei nosokomialen Infektionen. Diese Bakterien exprimieren eine thermoprotektive ATPase, welche ihnen ein Überleben in höheren Temperaturen ermöglicht (Bojer et al. 2010; Boll et al. 2016).

In Wasserleitungen überlebende Bakterien sind oft resistent gegen die herkömmliche Wasserdesinfektion mit Chlor. Le Chevallier et al. (1987) zeigten, dass eine Konzentration von 1.0mg/l Chlor im Trinkwasser keinen Einfluss auf das Vorkommen von *Escherichia coli* hat. Daher werden heutzutage zur Desinfektion höhere Konzentrationen von Chlor oder Chloraminen verwendet, die ausreichen, um *Escherichia coli* abzutöten. Allerdings kann es dadurch zu einer Selektion resistenter Spezies kommen (Falkinham et al. 2015).

Ein weiterer, die Tenazität von Mikroorganismen bestimmender Punkt ist deren Fähigkeit, Biofilme auf von Wasser bedeckten Oberflächen zu bilden sowie in diesem Rahmen die Fähigkeit zur Koaggregation, dem Zusammenhaften von Bakterien verschiedener Spezies. Diese Fähigkeit zeigte sich in einer Studie von Cheng et al. (2014) bei *Bacillus cereus* und *Bacillus megaterium* besonders ausgeprägt. Sie kann ausgenutzt werden, um andere Bakterien durch besonders koaggregative Bakterien zu binden und damit zu immobilisieren. Ein solches Verfahren wird beispielsweise für die Behandlung von Abwässern diskutiert (Li et al. 2013). Grundlage der Koaggregation ist die Bildung von Exopolysacchariden (EPS) sowie die extrazelluläre Deposition von DNA (eDNA), welche beispielsweise für *Bacillus cereus* beschrieben ist (Vilain et al. 2009).

Die Tenazität der opportunistischen Nasskeime wird zudem durch weitere, folgende Fähigkeiten bestimmt: Überleben und Wachstum in Amöben, sowie Überleben bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen und bei geringen Konzentrationen an organischen Kohlenstoffmolekülen (Falkinham et al. 2015).

1.2 Leitungswasser als mögliche Infektionsquelle

1.2.1 Trinkwasserqualität

Weltweit gesehen besteht eine große Infektionsgefahr durch mit Fäkalien verunreinigtes Trinkwasser. Allerdings gibt es auch andere potenzielle Gefahren, unabhängig von fäkaler Verunreinigung, wie etwa die Infektion durch *Legionella pneumophila*. Die öffentliche

Gesundheit soll laut der World Health Organisation (WHO) durch die Erstellung und Einhaltung von Wasserqualitätsplänen und -maßnahmen sichergestellt werden. Die WHO fordert die Erstellung eines Wassersicherheitsplans (engl.: water safety plan, kurz: WSP). Hierfür ist eine Beurteilung des gesamten Trinkwassersystems von Nöten, welche von der Quelle über die Aufbereitung bis zum Konsum erfolgt, um Risiken und Gefahren für die Trinkwassersicherheit zu benennen und Handlungsvorgaben bei Abweichungen zu definieren (WHO 2017).

In Deutschland regelt die TrinkwV bundesweit die chemischen und biologischen Anforderungen an das Wasser für den menschlichen Gebrauch. Laut §4 muss Trinkwasser so beschaffen sein, dass eine menschliche Schädigung durch seinen Genuss nicht zu befürchten ist. So darf die Konzentration von potenziellen Krankheitserregern nicht zu einer möglichen Gefährdung des Menschen führen. Insbesondere Enterokokken und *Escherichia coli* als typische Indikatoren für fäkale Verunreinigungen dürfen in 100 ml Trinkwasser aus Leitungen (in Abgrenzung zu Trinkwasser zur Abgabe aus geschlossenen Behältnissen) nicht nachgewiesen werden. Der Inhaber einer Wasserversorgungs- oder Wassergewinnungsanlage muss bei Kontamination des Wassers für dessen Aufbereitung oder ggf. Desinfektion sorgen (Trinkwasserverordnung 2018).

1.2.2 Übliche Methoden der Umgebungsuntersuchung

Unter strikter Ausführung von §§14, 15 TrinkwV wird das Leitungswasser routinemäßig auf jegliches Vorkommen von *C. perfringens* (nur bei Oberflächenwasser), *E. coli* und coliformen Bakterien, Enterokokken und *Pseudomonas aeruginosa* (nur bei Abfüllung in geschlossene Behältnisse) sowie die Anzahl koloniebildender Einheiten bei 22 °C und 36 °C untersucht. Die Bestimmung der o.g. Parameter wird in Abhängigkeit von der Menge des im Wasserversorgungsgebiet produzierten Wassers, jedoch mindestens einmal im Jahr, durchgeführt. Zudem müssen Trinkwasserinstallationen nach §14 Absatz 3 in der Regel einmal jährlich bis minimal einmal alle drei Jahre auf *Legionella spec.* untersucht werden. Die Untersuchungen erfolgen nach CEN/ISO-Verfahren (Trinkwasserverordnung 2018).

Untersuchungen auf Mikroorganismen erfolgen mittels Analyse von Wasserproben eines definierten Volumens nach Zentrifugation oder Filtrierung. Im Anschluss werden Bakterien auf geeigneten Medien kultiviert. Des Weiteren kann eine Untersuchung per Abstrich oder Abklatsch der Perlatoren oder Duschköpfe durchgeführt werden.

Die wachsenden Kolonien werden subkultiviert und mittels weiterer Methodik wie beispielsweise biochemisch etwa durch Analytical Profile Indices (API) weiterdifferenziert (Verweij et al. 1998; Perola et al. 2002; Aumeran et al. 2007).

1.3 Perlatoren als mögliche Infektionsquelle

Perlaturen sind ständig im Kontakt mit Wasser und konsekutiv mit Nasskeimen. Normalerweise werden diese durch den Wasserstrahl größtenteils herausgespült. Ist der Perlator jedoch verkalkt, ist es zumindest plausibel, dass das Wasser nicht mehr komplett durch das Ausflusssieb abfließt und stagniert, sodass sich Keime im Inneren des Perlators sammeln können.

Die Kontamination eines Perlators kann von innen, durch das Leitungswasser selbst oder extern erfolgen. Die externe Kontamination ist aufgrund der täglichen Nutzung der Perlaturen wesentlich wahrscheinlicher, beispielsweise durch spritzendes Wasser beim Händewaschen oder durch die Entsorgung von zur Körperwäsche genutztem Wasser oder anderer Flüssigkeiten, die in das Waschbecken entleert werden.

In klinischen Studien wurde ein direkter Zusammenhang zwischen kontaminierten Perlaturen im Krankenhaus und der Infektion von Patienten nachgewiesen. Die Autoren gingen dabei von einer Kontamination durch Trinkwasser und anschließende Anreicherung der Keime im Perlator aus (Weber et al. 1999; Kappstein et al. 2000). Herkömmliche Perlaturen bestehen aus mehreren Lagen von Drahtnetzen, an welchen sich beispielsweise Sediment aus dem Wasserleitungssystem anlagert. Dies kann zu einer gewissen Stagnation des Wassers am Ausfluss führen. Um diesen Effekt zu minimieren wurde ein anderer Typ von Perlaturen ohne Netz, ein sogenannter „star aerator“ verwendet (ein entsprechendes Modell wird in Deutschland von NEOPERL als Strahlregler-Hygienemodell vertrieben), welcher durch vertikal und laminar angeordnete Lamellen ein niedrigeres Kontaminationsrisiko aufweisen soll (Kappstein et al. 2000). Darüber hinaus wurde in einer Studie von Weber et al. (1999) auf eine mögliche Desinfektion der Perlaturen durch Bleichmittel hingewiesen.

In Deutschland wird der Einsatz von Laminarstrahlreglern mit Hygienezertifikat empfohlen (Länder-Arbeitskreis zur Erstellung von Hygieneplänen 2003).

Abbildung 2 zeigt einen Perlator mit Netz und zum Vergleich den empfohlenen Laminarstrahlregler.

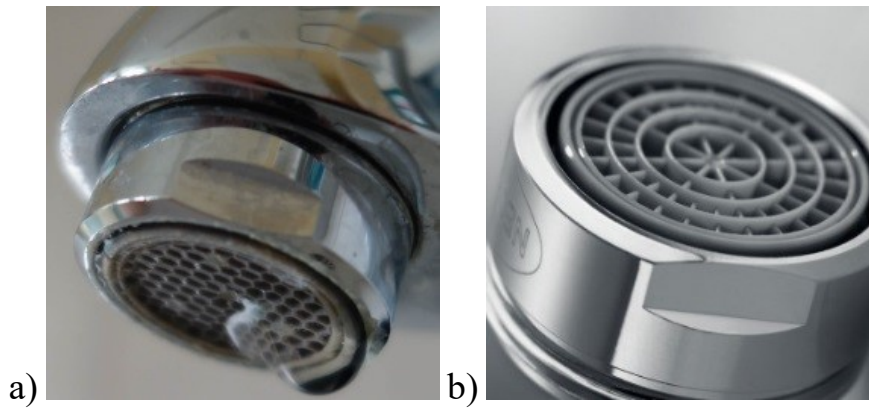


Abbildung 2: Wasserstrahlregler: Herkömmliches Modell mit Netz (a) und Hygiene-Modell der Firma NEOPERL (b).

Unabhängig von den bereits genannten Maßnahmen sollen Perlatoren stets routinemäßig gereinigt werden, gerade in Hochrisikobereichen, wie zum Beispiel in der Hämatonkologie oder auf Intensivstationen. Dadurch wird das Restrisiko der inneren Kontamination des Trinkwassers minimiert (Voss und Verweij 1999).

Zudem wird die regelmäßige Reinigung und Entkalkung der Armaturen sowie ggf. deren Desinfektion verlangt (Länder-Arbeitskreis zur Erstellung von Hygieneplänen 2003).

Für die Entkalkung eines Perlators muss dieser zunächst abgeschraubt werden. Anschließend kann der Perlator in ein spezielles Entkalkungsmittel eingelegt werden. Je nach Hersteller enthalten Entkalker zumeist Amidosulfon-, Essig- oder Zitronensäure.

1.4 Zielsetzung dieser Arbeit

Bei Stationsbegehungen durch das Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern werden verkalkte Perlatoren (Wasserstrahlregler) regelmäßig als potenzielle Quellen für Mikroorganismen beanstandet. Die Sanierung bzw. Beseitigung dieser Perlatoren führt zu einem – ggf. vermeidbaren – Investitions- und Arbeitsaufwand. Perlatoren sind in der Literatur zwar als potenzielle Infektionsquellen beschrieben, eine wissenschaftliche Evidenz für den kausalen Zusammenhang zwischen Verkalkungsgrad und Keimlast bzw. dem Vorkommen potenziell pathogener Mikroorganismen liegt jedoch bisher nicht vor.

Im Rahmen dieser Untersuchung soll die mikrobielle Besiedelung unterschiedlich stark verkalkter Perlatoren erhoben und in Korrelation zueinander gesetzt werden. Hierzu wurden 90 Perlatoren medizinischer Einrichtungen der Universitätsmedizin Rostock (UMR) beprobt: jeweils einmal durch das systematische Abstreichen des Perlators mit einem Stieltupfer sowie durch die Gewinnung einer Wasserprobe. Es wurde sowohl die Keimlast an den Perlatoren ermittelt als auch die vorkommenden Mikroorganismen mikrobiologisch identifiziert und die so erhobenen Daten jeweils mit dem entsprechenden Verkalkungsgrad der Perlatoren korreliert.

2 Material und Methoden

2.1 Verwendete Geräte und Verbrauchsmaterialien

Alle in dieser Arbeit verwendeten Geräte und Verbrauchsmaterialien sind in den folgenden Tabellen 1 bis 5 aufgelistet.

Tabelle 1: Verwendete Laborgeräte mit Angaben zum Hersteller.

Laborgeräte	Hersteller
Biophotometer	Eppendorf AG, Hamburg
Brutschrank, HeraCell	Heraeus Holding GmbH, Hanau
Brutschrank, B6060	Heraeus Holding GmbH, Hanau
Densicheck Vitek 2	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
EIA-Reader	Spectra GmbH und Co. KG, Reutlingen
Flachgelelektrophoreseeinheit	Biometra GmbH, Göttingen
Gefrierschrank -20 °C	Liebherr Machines Bulle SA, Bulle, Schweiz
Gel-Dokumentationsanlage	Intas Science Imaging Instruments GmbH, Göttingen
Gram-Färbeautomat, Previ-Color V2	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Heizblock	Cole-Parmer Instrument Company Ltd, Stone, UK
Kühlschrank, Gastroline 6 °C	Liebherr Machines Bulle SA, Bulle, Schweiz
Kühlschrank 2 - 8 °C	Liebherr Machines Bulle SA, Bulle, Schweiz
Kühlzentrifuge 5417R	Eppendorf AG, Hamburg
Labofuge 200	Heraeus Holding GmbH, Hanau
Mikroskop, Olympus BX41	Olympus K. K., Tokio, Japan
Personal Cycler	Biometra GmbH, Göttingen
Pipetten (10, 100, 200, 1000 µl)	Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen
Pipettierhilfe accu-jet pro	BRAND GmbH und Co. KG, Wertheim
Primus evolution 25/96	Fisher Scientific GmbH, Schwerte
Schüttler CM9	Sarstedt AG, Nümbrecht
Sicherheitswerkbank Hera Safe KS 12	Heraeus Holding GmbH, Hanau
Sony Digital Still Camera DSC-RX100	Sony Corporation, Tokio, Japan
Sterilbank Biowizard	Kojair Tech Oy, Vilppula, Finnland
VITEK MS	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
VITEK 2XL	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Vortex-Genie Touch Mixer	Scientific Industries Inc., Bohemia, USA
Vortex Reax 2000	Heidolph Instruments GmbH & CO. KG, Schwabach

Tabelle 2: Verwendete Verbrauchsmaterialien mit Angaben zum Hersteller.

Verbrauchsmaterialien	Hersteller
api E	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
api NE	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
dNTP-Satz	MP Biomedicals GmbH, Eschwege
Elektrophoresekammern	Bio-Rad Laboratories GmbH, Feldkirchen
Glasperlen	Carl-Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe
Glasröhren (5ml)	Sarstedt AG, Nümbrecht
Handschuhe, pH-Soft nitrile fino	Paul Hartmann AG, Heidenheim
HotStarDNA-Taq-Polymerase	Qiagen N.V., Hilden
Impfösen, 10 µl	Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen
MALDI Targets – Vitek MS-DS	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Menzel-Gläser	Gerhard Menzel GmbH, Braunschweig
Mikropipettiergefäß (2 ml)	Eppendorf AG, Hamburg
Objektträger	Engelbrecht GmbH, Edermünde
Oligonukleotide („Primer“) für die 16-S / 18-S rDNA PCR	TIB Molbiol Syntheselabor GmbH, Berlin
PeqGold Agarose	Peqlab Biotechnologie GmbH, Erlangen
Pipettenspitzen (10, 100, 1000 µl)	Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen
Plastiktubus, Cellstar Tubes (15,50 ml)	Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen
QIAamp DNA Mini Kit	Qiagen N.V., Hilden
Rapid CB-Plus System	Remel Inc., Lenexa, USA
Rührstab aus Glas	Omnilab Laborzentrum GmbH und Co. KG, Bremen
Sterile Pipetten (5, 10 und 25 ml)	Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen
Stieltupfer Σ -Swab	Medical Wire & Equipment Co., Ltd., Corsham, UK
Testkit Gen-ETI-K DEIA	DiaSorin Deutschland GmbH, Dietzenbach
Thermoprime plus DNA Polymerase	Fisher Scientific GmbH, Schwerte
VITEK 2 GN-Karten	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
VITEK 2 GP-Karten	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen

Tabelle 3: Verwendete Bakterien-Nährmedien mit Angaben zum Hersteller.

Bakterien-Nährmedien	Hersteller
Chocolate Agar, GC II Agar mit IsoVitalEx	Becton Dickinson GmbH, Heidelberg
Columbia Agar, mit 5% Schafsblut	Becton Dickinson GmbH, Heidelberg
Hirn-Herz-Medium, BBL (5 ml)	Becton Dickinson GmbH, Heidelberg
Legionella GVPC Selective Agar	Thermo Fisher Scientific Oxoid Ltd., Basingstoke, UK
Sabouraud Agar GM+C	Becton Dickinson GmbH, Heidelberg

Tabelle 4: Verwendete Chemikalien mit Angaben zum Hersteller.

Chemikalien	Hersteller
Acetone Safranin Solution	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Alpha Cyano Matrix Solution	Ripac-Labor GmbH, Potsdam-Golm
Api: James	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Api: NIT 1 + NIT 2	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Api: TDA	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Api: VP A + B	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Aqua dest.	Nährmedientechnik des IMIKRO, Rostock
Crystal Violet Solution	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Cytochromoxidase-Papier (CO-Papier)	Nährmedientechnik des IMIKRO, Rostock
Ethanol absolut	Merck KGaA, Darmstadt
Ethidiumbromid 1%	Merck KGaA, Darmstadt
Formic Acid 25%	Ripac-Labor GmbH, Potsdam-Golm
H ₂ O ₂ 3%	Nährmedientechnik des IMIKRO, Rostock
Immersionsöl Immoil F30CC	Olympus K. K., Tokio, Japan
Iodine Solution	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
KOH 3%	Nährmedientechnik des IMIKRO, Rostock
Methanol, J.T. Baker	Avantor Performance Materials B.V., Deventer,
Natriumchlorid >99,5%	Carl Roth GmbH und Co. KG, Karlsruhe
Rapid ID: Indole Reagent	Remel Inc., Lenexa, USA
Rapid ID: Nitrat A Reagent	Remel Inc., Lenexa, USA
Rapid ID: Nitrat B Reagent	Remel Inc., Lenexa, USA
Wasser für die Molekularbiologie	Carl Roth GmbH und Co. KG, Karlsruhe

Tabelle 5: Verwendete Software mit Angaben zum Hersteller.

Chemikalien	Hersteller
Apiweb Version	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
Datenbank MS-CE Version CLI 2.0.0	bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen
ERIC (electronic code compendium) Version 1.0.771	Remel Inc., Lenexa, USA
Finch Trace Viewer „FinchTV“ Version 1.4.0	Geospinza Inc., Seattle, USA
GraphPad Prism Version 5.0	GraphPad Software Inc., San Diego, USA

2.2 Untersuchte medizinische Einrichtungen

Alle Untersuchungen wurden an drei Standorten der UMR durchgeführt. Die Proben wurden von den Perlatoren der Wasserhähne sieben verschiedener Einrichtungen genommen, i.e. Chirurgie (Ambulanz, Kardiochirurgie), Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde (HNO), Innere Medizin (Endokrinologie, Pneumologie, Kardiologie/Nephrologie), Neurologie, Ophthalmologie, Orthopädie und Pädiatrie.

2.3 Kategorisierung und Auswahl der Perlatores

Die einzelnen Perlatores an den Wasserhähnen wurden entsprechend ihres Verkalkungsgrades in drei Gruppen anhand folgender Unterscheidungskriterien eingeteilt:

- nicht/leichtgradig verkalkt: kein Kalk oder lediglich kleinste Ablagerungen
- mittelgradig verkalkt: weder „nicht/leichtgradig verkalkt“ noch „stark verkalkt“
- stark verkalkt: 360° umfassender durchgängiger Ring aus Kalk

Bei der Auswahl der insgesamt 90 mikrobiologisch untersuchten Perlatores wurde darauf geachtet, dass die 3 Verkalkungsgrade jeweils zu etwa gleichen Anteilen vertreten waren. Abbildung 3 zeigt beispielhaft eine Aufnahme eines für jede Gruppe repräsentativen Perlators.

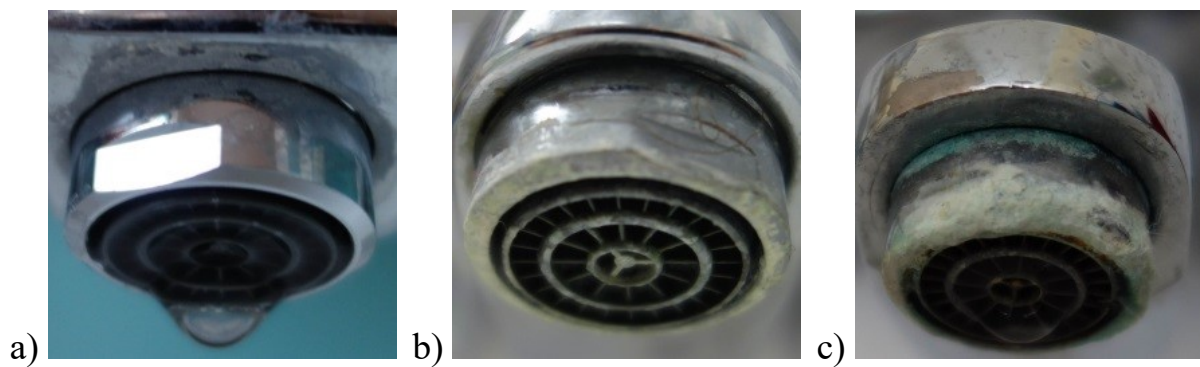


Abbildung 3: Verkalkungsgrade der Perlatores, nicht/leichtgradig verkalkt (a), mittelgradig verkalkt (b) und stark verkalkt (c).

2.4 Fotodokumentation

Der Verkalkungsgrad jedes untersuchten Perlators wurde fotografisch dokumentiert. Die Fotodokumentation wurde mit einer Sony Digital Still Camera DSC-RX100 (Sony Corporation, Tokio, Japan) durchgeführt. Es wurden Aufnahmen von vorne und von der linken und rechten Ansicht des ausgewählten Perlators gemacht. Eine Tabelle mit Fotos aller Perlatores des jeweiligen Verkalkungsgrades findet sich im Anhang (siehe Kapitel 8.1).

2.5 Probennahme und -transport

2.5.1 Probennahme durch Abstrich

Die Perlatoren wurden mit einem Stieltupfer (Σ -Swab; Medical Wire & Equipment Co., Ltd. [mwe], Corsham, UK) abgestrichen. Der Abstrich des Perlators erfolgte stets standardisiert nach dem folgenden Schema:

Zuerst wurde der Perlator an der Außenseite einmal rundherum abgestrichen. Dabei wurde auf einen konstanten Anpressdruck durch leichtes Durchbiegen des Tupferstiels geachtet. Anschließend wurde die Unterseite des Perlators einmal im Kreuz über dem Ausfluss abgestrichen. Der Tupfer wurde in einen durch Schraubverschluss verschließbaren 15 ml Plastiktubus (Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen) mit 1 ml NaCl 0,9% eingebracht und der Stiel abgebrochen. Es wurde darauf geachtet, Kontaminationen zu vermeiden.

Die Abstrichtechnik ist zur Veranschaulichung in Abbildung 4 schematisch dargestellt.

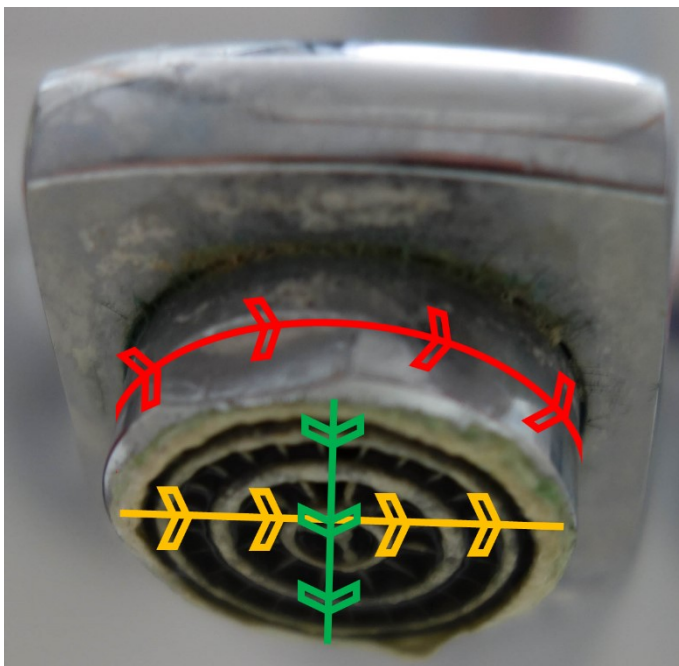


Abbildung 4: Abstrich-Schema für den Perlatorabstrich. Der Abstrich erfolgte in drei Schritten: 1. kreisrund entlang der Außenseite (rot) 2. von links nach rechts entlang der Unterseite (gelb) 3. von der Front zur Rückseite (grün) entlang der Unterseite des Perlators.

2.5.2 Probennahme durch Wasserprobe

Unmittelbar nach Durchführung des Abstrichs folgte die Entnahme der Wasserprobe. Es wurden 5 ml kaltes Erststrahlwasser genommen. Der Multifunktions-Handgriff des Hahns wurde hierfür stets bis zum Anschlag auf kalt gedreht. Die Entnahme erfolgte in einen durch Schraubverschluss verschließbaren 15 ml Plastiktubus (Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen).

2.5.3 Probentransport

Der Transport aller Proben erfolgte verschlossen und aufrecht in einer Tasche. Die maximale Transportzeit zwischen Abnahme und mikrobiologischer Aufbereitung sowie Weiterverarbeitung zur Kultivierung der Proben betrug 45 Minuten bei Raumtemperatur.

2.6 Kultivierung der Proben

Alle nachfolgend beschriebenen Arbeiten wurden an einer Sterilwerkbank durchgeführt (Biowizard; Kojair Tech Oy, Vilppula, Finnland).

2.6.1 Herstellung der Verdünnungsreihen

Es wurde jeweils eine Verdünnungsreihe mit bis zu vier Verdünnungsstufen für die Wasser- und Abstrichproben erstellt. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Die in den Proben vorhandenen Korpuskel wurden mittels fünfmaligen kurzen Durchmischens auf dem Labormixer („Vortex“; Scientific Industries Inc., Bohemia, USA) und zweimaligen bläschenfreien Aufziehens und Entleerens mit einer 100 µl Pipette (Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen) suspendiert. Danach erfolgte die Entnahme von 100 µl Ausgangssuspension und deren Einbringen in ein Mikropipettiergefäß (Eppendorf AG, Hamburg) mit 900 µl NaCl 0,9%. Die weiteren bis zu drei seriellen Verdünnungsschritte wurden nach oben genanntem Schema durchgeführt. Es wurde besonders darauf geachtet, kein zusätzliches Flüssigkeitsvolumen durch außen an der Pipettenspitze (Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen) haftende Tropfen sowie kein zu geringes Flüssigkeitsvolumen durch etwaige Luftbläschen in der Pipettenspitze hinzuzufügen. Um Verfälschungen zu vermeiden wurde für jeden Arbeitsschritt eine neue Pipettenspitze verwendet.

2.6.2 Probenansatz

Als Festmedien für die Anzucht der Bakterien dienten Columbia Agar mit 5 % Schafsblut (Becton Dickinson [=BD], Heidelberg) und Chocolate Agar (= GC II Agar mit IsoVitaleX; BD, Heidelberg). Aus der Ausgangssuspension der Abstriche und den entsprechenden Verdünnungsstufen wurden jeweils 100 µl auf eine Platte Columbia und Chocolate Agar aufgebracht. Aus der Wasserprobe erfolgte die Entnahme und Aufbringung von 250 µl Wasser auf jeweils eine Platte Columbia und Chocolate Agar; sowie die von 100 µl Suspension aus den jeweiligen Verdünnungsstufen. Es wurden Glaskugeln (Carl-Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe) für die gleichmäßige Verteilung der Probe auf der Platte (= Plattieren) verwendet.

Die Agar-Platten wurden anschließend bei 37 °C und 20 % O₂/5 % CO₂ für fünf Tage inkubiert. Obligat anaerobe Mikroorganismen wurden, bedingt durch den Probenansatz, nicht erfasst.

2.6.3 Quantitative Auswertung der Proben und Vereinzelung

Für jede Probe wurden innerhalb der Inkubationsperiode alle makroskopisch differenzierbaren Kolonien quantitativ erfasst und alle morphologisch unterscheidbaren Kolonietypen vereinzelt. Die Auszählung und Vereinzelung wurden jeweils an Tag 2 und Tag 5 der Inkubation durchgeführt.

Für die Vereinzelungen wurden die Kolonien mit einer Impföse (Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen) und mittels „Drei-Ösen-Technik“ auf einer frischen Agar-Platte so ausgestrichen, dass sicher hinreichend viele Einzelkolonien entstehen konnten (= vereinzelt).

War ein Wachstum nur auf dem Chocolate Agar erkennbar, erfolgte die Vereinzelung auf einer frischen Chocolate-Agar-Platte. Ansonsten wurden alle Vereinzelungen auf Columbia Agar vorgenommen. Anschließend erfolgte die Inkubation aller Vereinzelungen bei 37 °C für zwei Tage unter den o.g. atmosphärischen Bedingungen.

Abbildung 5 zeigt beispielhaft bewachsene Columbia und Chocolate Agar-Platten.

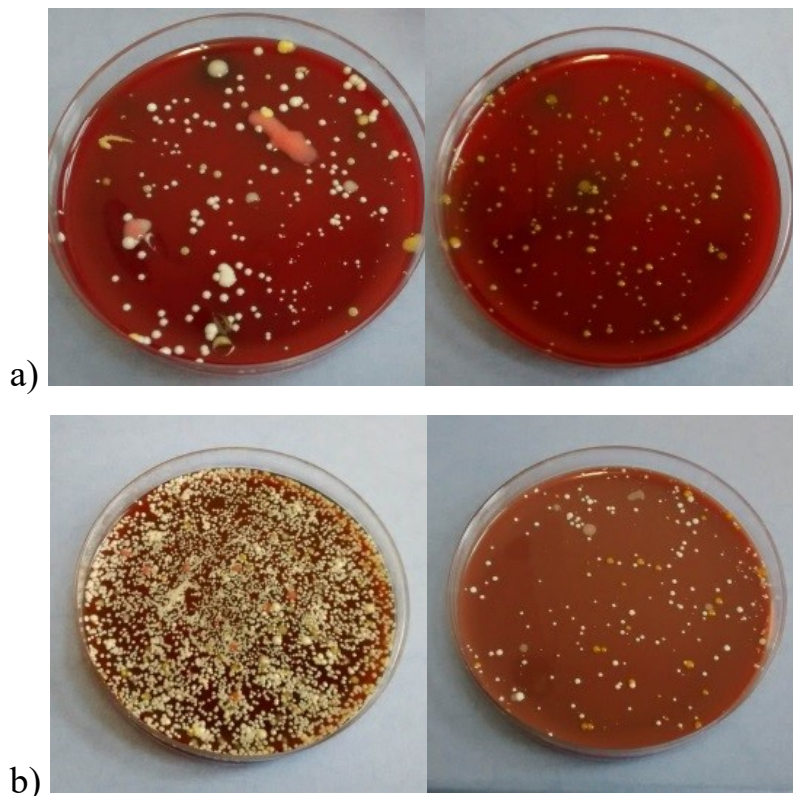


Abbildung 5: Typisches Aussehen der Agar-Platten nach 5 Tagen. Columbia Agar (a), Chocolate Agar (b). Exemplarisch zu sehen sind verschiedene Proben unterschiedlicher Perlatoren jeweils in Ausgangskonzentration. Angesichts des teilweise sehr dichten Wachstums wurden Verdünnungsstufen bis 10⁻⁴ hergestellt.

2.7 Keimidentifizierung

2.7.1 Massenspektrometrie mit MALDI-TOF

Die Identifizierung der Mikroorganismen erfolgte mittels Matrix-assistierter Laser-Desorption-Ionisierung (MALDI) Flugzeitanalyse (Time of Flight = TOF) Massenspektrometrie (Vitek MS; bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) nach Herstellerangaben. Hierbei wird die Probe zusammen mit einer Matrix auf die Targetplatte gebracht und mit einem Laser beschossen. Die dabei desorbierten Proteine der Probe werden dann im elektrischen Feld beschleunigt, wo sie sich nach Ladung und Masse auftrennen. Durch die Analyse der Flugzeit entstehen für die Bakterien charakteristische Massenspektren (Schubert und Wieser 2011).

Die Identifizierung einzelner Kolonien wurde jeweils mittels Doppelbestimmung durchgeführt. Mit einer 100 µl Pipettenspitze wurde etwas Koloniematerial vom Agar abgenommen, auf ein Feld des MALDI Probenträgers (= Targets) – Vitek MS-DS (bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) aufgebracht und anschließend so darauf verteilt, dass eine möglichst homogene, dünne Beschichtung des Probenfelds erreicht wurde. Im Anschluss wurde das Probenfeld mit 1 µl α -Cyano-4-hydroxymethylsäure (Alpha Cyano Matrix Solution; Ripac-Labor GmbH, Potsdam-Golm) beschichtet und an der Luft getrocknet. Bei Pilzen erfolgte zunächst die Beschichtung mit 0,5 µl Ameisensäure (Ripac-Labor GmbH, Potsdam-Golm). Im getrockneten Zustand wurde das Probenfeld dann mit 1 µl α -Cyano-4-hydroxymethylsäure überschichtet.

Pro Probenträger wurden bis zu 24 verschiedene Kolonien aufgetragen. Es erfolgte zudem die Auftragung eines Referenzstammes von *Escherichia coli* Stamm ATCC 8739. Das spektrale Muster der desorbierten Proteine aus den Bakterien wurde mit Hilfe des Vitek MS IVD V2, Datenbank MS-CE Version CLI 2.0.0 (bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) analysiert. Ergebnisse mit $\geq 90\%$ Sicherheit ihrer Richtigkeit wurden als valide gewertet und übernommen. Bei nicht eindeutiger Identifizierung mittels MALDI-TOF wurden die Kolonien mittels der nachfolgend beschriebenen Methoden untersucht und bestimmt.

2.7.2 Gram-Färbung

Die Herstellung der Gram-Präparate wurde nach Standardarbeitsanweisung des nach DIN EN ISO 15189 akkreditierten mikrobiologischen Labors des Instituts für Mikrobiologie, Virologie und Hygiene (IMIKRO) der UMR durchgeführt.

Von allen im MALDI-TOF nicht eindeutig identifizierten Mikroorganismen wurden Gram-Präparate angefertigt. Zunächst wurde mit einer Impföse etwas NaCl 0,9% auf einen Objektträger aufgetragen. Dann wurde etwas Koloniematerial vom Agar abgenommen und mit

dem NaCl auf dem Objektträger (Engelbrecht GmbH, Edermünde) verrieben. Im getrockneten Zustand wurden die Präparate in den Gram-Färbeautomat (Previ-Color V2; bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) eingelegt. Im Färbeautomaten wurden die Präparate in einem vierstufigen Prozess nach Gram gefärbt. Nach der Färbung erfolgte die mikroskopische Beurteilung der Präparate bei 100-facher Vergrößerung unter Nutzung von Immersionsöl (Olympus K. K., Tokio, Japan) mit dem Mikroskop Olympus BX41 (Olympus K. K., Tokio, Japan).

2.7.3 Biochemische Auswertung der Spezies

2.7.3.1 Keimidentifizierung mittels VITEK 2XL

Die Arbeiten mit dem Vitek 2XL (bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) wurden gemäß Herstellerangaben durchgeführt.

Mit einem Rührstab wurde etwas Koloniematerial vom Agar abgenommen und in ein mit etwa 2 ml NaCl 0,45 % gefülltes Röhrchen (Greiner Bio-One GmbH, Frickenhausen) eingebracht. Durch anschließendes Rühren und Vermischen mit dem „Vortex“ erfolgte die Durchmischung der Suspension. Mit Hilfe des Densicheck Vitek 2 (bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) wurde durch Zugabe weiterer Bakterien bzw. Kochsalzlösung eine Keimdichte entsprechend eines McFarland Standards zwischen 0,46 und 0,54 eingestellt. Anschließend wurde je nach Entität des Bakteriums entweder eine Vitek 2 GN-Karte, bei mikroskopisch als gramnegativ identifizierten Keimen, oder Vitek 2 GP-Karte (beide bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen), bei mikroskopisch als grampositiv identifizierten Keimen, für das weitere Vorgehen verwendet.

Im Vitek 2XL wurden die Testkarten durch Fluoreszenzoptik bewertet. Dabei wurden Wachstum und Aktivität von Keimen indirekt anhand von Trübung und Farbreaktionen ermittelt. Dies erfolgte mittels Messung des Transmissionsgrads von spezifischen Wellenlängen des sichtbaren Spektrums in Intervallen von 15 Minuten über maximal 8 (GP-Karte) bis 10 (GN-Karte) Stunden (Pincus 2006). Zur Reinheitskontrolle wurden Ausstriche der Suspensionen auf Columbia Agar erstellt und nach zweitägiger Inkubation auf ihre Reinheit überprüft. Messungen unreiner Proben wurden wiederholt.

Bei schlechter Diskrimination, d.h. einem Vorschlag des Systems von mehreren Spezies, erfolgte die weitere Differenzierung mittels im System vorgeschlagener Zusatzreaktionen. Genutzt wurden hierfür der Cytochromoxidase Nachweis auf mit 1 % tetramethyl-p-phenylendiamin dihydrochlorid imprägniertem Filterpapier, die Katalase Reaktion mit Wasserstoffperoxid und die Urease-Reaktion.

2.7.3.2 Keimidentifizierung mittels API und RapID CB Plus System

Der nächste Schritt zur Identifizierung der Mikroorganismen, bei ausbleibendem eindeutigem Ergebnis der zuvor angewandten Methoden, erfolgte mittels definierter biochemischer Reaktionen. In einem Arbeitsgang wurden bis zu zwanzig biochemische Reaktionen in einzelnen Kavitäten des jeweiligen Testsystems getestet. Eine positive Reaktion wurde dabei durch Farbumschlag oder Trübung erkannt. Es wurde ein Profil der biochemischen Leistung des Mikroorganismus erstellt und dieses mit einer Datenbank abgeglichen (Ziesing et al. 2009). Zur Identifizierung der gramnegativen Enterobakterien und Nicht-Enterobakterien wurden die Analytical Profile Indices (API) E und NE (beide bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) genutzt. Zuvor erfolgte die Differenzierung in Enterobakterien (E) und Nicht-Enterobakterien (NE) mittels Nachweises der Cytochromoxidase. Eine frische Kolonie der Enterobakterien wurde in eine Suspension mit NaCl 0,85 % überführt. Danach wurde die Bakteriensuspension nach Herstellerangaben in die Kavitäten des API E Systems pipettiert und bei 36 °C für 18-24 Stunden inkubiert. Für die Auswertung wurde James-Reagenz, TDA-Reagenz und VPA 1- und 2-Reagenz (alle bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) verwendet. Es erfolgte die Interpretation des Farbumschlags und der Trübung der Flüssigkeit in den Reaktionskavitäten. Alle Nicht-Enterobakterien wurden in eine Suspension mit NaCl 0,85 % überführt. Es wurde eine Keimdichte entsprechend eines McFarland-Werts von 0,5 eingestellt. Danach wurde die Bakteriensuspension nach Herstellerangaben in die Kavitäten des API NE Systems pipettiert und bei 30 °C für 24 Stunden inkubiert. Für die Auswertung wurde Nit 1 und Nit 2 Reagenz und James-Reagenz (alle bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen) verwendet. Es erfolgte die Interpretation des Farbumschlags und der Trübung der Flüssigkeit in den Reaktionskavitäten. Die Identifizierung der Bakterien erfolgte für beide Systeme durch Nutzung der herstellereigenen Datenbank (APIWEB; bioMérieux Deutschland GmbH, Nürtingen).

Die Differenzierung zwischen Corynebakterien und anderen grampositiven Stäben erfolgte mittels Katalase-Reaktion. Es erfolgte die Einbringung der Bakterien in NaCl 0,85 % und die Herstellung eines McFarland von 4. Anschließend wurde die Bakteriensuspension nach Herstellerangaben in die Reaktionskavitäten des RapID CB plus Systems (Remel Inc., Lenexa, USA) pipettiert und bei 37 °C für vier Stunden inkubiert. Es erfolgte die Interpretation des Farbumschlags sowie der Trübung der Flüssigkeit in den Reaktionskavitäten nach Zugabe von RapID: Indole Reagent, Nitrat A Reagent und Nitrat B Reagent (alle Remel Inc., Lenexa, USA). Die Identifizierung der Bakterien erfolgte durch Nutzung des ERIC (electronic code compendium; Remel Inc., Lenexa, USA).

2.7.4 Differenzierung der Spezies mittels Sequenzierung

Die weitere Identifizierung der Keime, welche sich mit MALDI, VITEK 2XL, API und RapID CB Plus System nicht identifizieren ließen, erfolgte mittels Polymerase-Kettenreaktion (englisch Polymerase Chain Reaction, PCR) und anschließender Sequenzierung des amplifizierten 16S bzw. 18S rDNA Gens.

Diese Untersuchungen wurden durch Mitarbeiter des nach DIN EN ISO 15189 akkreditierten Labors des IMIKRO der UMR gemäß der Standardarbeitsanweisungen (Standard Operating Procedure = SOP) MD PI AS, MD KM SQ und MD PI KO durchgeführt.

Die Durchführung des Verfahrens verlief nach der folgenden Prozedur: Zuerst erfolgte die DNA-Extraktion aus einer Reinkultur des Pilzes/Bakteriums, dann die Nukleinsäureamplifikation mittels spezifischer Primer (siehe unten) per zyklischer-Amplifikation mit Taq-Polymerase (Qiagen N.V., Hilden) und im Anschluss daran die Aufreinigung der dabei entstehenden Produkte. Die Amplifikationsprodukte wurden anschließend mittels Agarosegel anhand ihrer Reinheit und Menge verifiziert und schließlich an die Sequenzierungsfirma Seqlab (Microsynth AG, Göttingen) versandt.

Die dort entstandenen Chromatogramme wurden hinsichtlich Qualität und Sequenzlänge mittels Finch Trace Viewer „FinchTV“ (<http://www.geospiza.com/finchtv.html>; Geospiza Inc., Seattle, USA) visuell inspiziert, dann mittels BLAST-Suche („Nucleotide BLAST“= basic local alignment search tool; <http://www.blast.ncbi.nlm.nih.gov>) mit Sequenzen der Nukleinsäuredatenbank des Nationalen Zentrums für Biotechnologische Informationen der Vereinigten Staaten (NCBI) untersucht. Die ermittelte DNA-Sequenz wurde mit einer Auswahl in der Datenbank vorhandener Sequenzen verglichen und das Ergebnis mit der größten Übereinstimmung als Identifizierung angenommen.

2.7.4.1 16S-rDNA (Bakterien) -PCR

Für die molekulare Identifikation der Bakterien wurde die PCR Amplifikation der 16S rDNA aus Reinkulturen angewandt. Hieraus wurde die chromosomale DNA mittels QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen N.V., Hilden) aufbereitet. Für die PCR wurden die Primer: 16S8_27 (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) und 16S519 (GWA TTA CCG CGG CKG CTG, beide TIB Molbiol Syntheselabor GmbH, Berlin) sowie die für eine PCR typischen Puffer und Taq-Polymerase (Qiagen N.V., Hilden) verwendet. Der erste PCR-Schritt (initiale Denaturierung) erfolgte bei 94 °C für 15 Minuten. Anschließend folgten 30 Zyklen, die jeweils eine Minute auf 94 °C, 50 °C und 72 °C durchgeführt wurden, gefolgt von einem Schritt (terminale Extension) über fünf Minuten auf 72 °C. Der letzte Schritt (Verwahrung bei Kühlung) bei 4 °C dauerte

beliebig lange. Die Detektion der Amplifikationsprodukte erfolgte per VA Gelelektrophorese (Biometra GmbH, Göttingen).

2.7.4.2 18S-Pilz-Consensus-PCR

Für die molekulare Identifikation der Pilze erfolgte die PCR Amplifikation der 18S rDNA. Die Aufarbeitung der genomischen DNA erfolgte mittels QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen N.V., Hilden). Für die PCR wurden die Primer: S1 (ACT GCG AAT GGC TCA TTA AAT CAG) und CUF1 (CAA GGC CAT GCG ATT CG, beide TIB Molbiol Syntheselabor GmbH, Berlin) verwendet. Die PCR erfolgte im ersten Schritt für zehn Minuten auf 95 °C, dann für 40 Zyklen auf 95 °C, 53 °C und 72 °C für jeweils 30 Sekunden. Darauf folgte ein Schritt über fünf Minuten bei 72 °C und zum Schluss ein beliebig langer Schritt bei 4 °C. Der Produktnachweis erfolgte per Gelelektrophorese. Anschließend erfolgte die Verifikation der Spezifität der Amplifikate mittels spezifischer Sonde im DNA-Enzym-Immunoassay (Spectra GmbH und Co. KG, Reutlingen).

2.7.5 Weitere Identifizierungsmethoden

Die Kultivierung von *Legionella pneumophila* erfolgte nach Überimpfung der Kolonien von Chocolate Agar auf Legionella GVPC Selective Agar (Thermo Fisher Scientific Oxoid Ltd., Basingstoke, UK) unter Inkubation für zwei Tage bei 35 °C. Vorher waren die Legionellen bereits mittels MALDI identifiziert worden.

Die Differenzierung von Pilzen erfolgte durch Anzucht auf Sabouraud Agar GM+C (Becton Dickinson GmbH, Heidelberg) unter Inkubation für zwei Tage bei 37 °C und o.g. Methoden (Kapitel 2.7.1 und 2.7.4) im nach DIN EN ISO 15189 akkreditierten Pilzlabor des IMIKRO der UMR.

2.8 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte in Kooperation mit dem Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung der UMR. Alle Daten wurden mit Hilfe des Programms GraphPad Prism (GraphPad Software Inc., San Diego, USA) ausgewertet.

Im ersten Schritt erfolgte eine deskriptive Auswertung. Die quantitativen Merkmale wurden hierfür mittels arithmetischen Mittelwertes $\bar{x}$ und Standardabweichung [SD] beschrieben.

Für die Analyse der drei Gruppen (nicht-/leichtgradig verkalkt, mittelgradig verkalkt und stark verkalkt) wurde jeweils ein Kruskal-Wallis-Test für unabhängige Stichproben der durchschnittlichen Keimlast durchgeführt. Als Nullhypothese wurde dabei kein Unterschied

zwischen den Gruppen festgelegt. Unterschiede mit einem p-Wert $\leq 0,05$ wurden als signifikant betrachtet. Diese Analysen erfolgten sowohl für die Abstriche als auch für die Wasserproben.

3 Ergebnisse

3.1 Zuordnung der Perlatoren nach Verkalkungsgrad und Fachabteilung

Die Perlatoren wurden chronologisch nach dem Entnahmedatum der Probe nummeriert. Die Einteilung der insgesamt 90 Perlatoren erfolgte gemäß Kapitel 2.3 in drei Gruppen. Die daraus resultierende Verteilung der einzelnen Perlatoren auf die verschiedenen medizinischen Einrichtungen ist in Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6: Zuordnung der Perlatoren nach Verkalkungsgrad und medizinischer Einrichtung.

Medizinische Einrichtung	Verkalkungsgrad			Gesamt
	nicht / leichtgradig	mittelgradig	stark	
Chirurgie	10	4	4	18
HNO	0	7	3	10
Innere Medizin	7	4	2	13
Neurologie	9	2	4	15
Ophthalmologie	0	1	6	7
Orthopädie	3	8	6	17
Pädiatrie	1	2	7	10
<i>Gesamt</i>	<i>30</i>	<i>28</i>	<i>32</i>	<i>90</i>

Sowohl die Anzahl zugänglicher Wasserhähne als auch die Verkalkungsgrade unterschieden sich deutlich auf den einzelnen Stationen der UMR. Bei einer Gesamtzahl von 90 Perlatoren ergab sich eine Gruppengröße von 30 nicht / leichtgradig verkalkten, 28 mittelgradig verkalkten und 32 stark verkalkten Perlatoren. Eine Auflistung aller Perlatoren mit dem entsprechenden Verkalkungsgrad findet sich im Anhang (siehe Kapitel 8.2). Zur besseren Übersicht ist die Verteilung der 3 Gruppen auf die einzelnen Fachrichtungen der UMR in Abbildung 6 zusätzlich grafisch dargestellt.

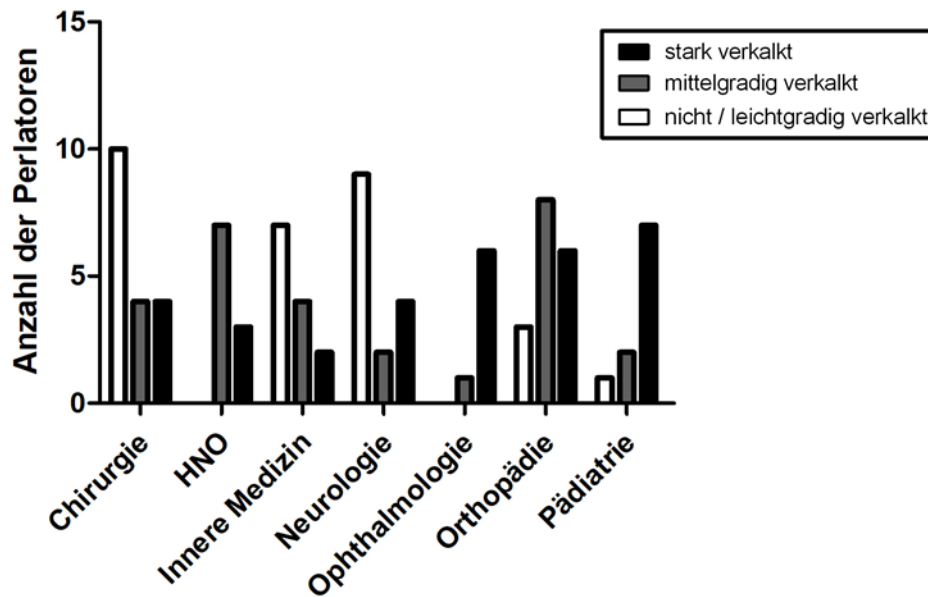


Abbildung 6: Verteilung der Perlatoren der drei Verkalkungsgrade auf die einzelnen medizinischen Einrichtungen der UMR.

3.2 Quantitative Auswertung der Abstriche

3.2.1 Ermittelte Keimlast eingeteilt nach dem Verkalkungsgrad der Perlatoren

Für jeden Abstrich eines Perlatoren wurde die Keimlast bestimmt. Dazu wurde gemäß Kapitel 2.6.3 die Anzahl koloniebildender Einheiten (KBE) für den beim Abstrich verwendeten Tupfer ermittelt (KBE/Tupfer). Ausgehend von diesen Werten wurde für alle Perlatoren eines Verkalkungsgrades jeweils ein Mittelwert $[x]$ gebildet und die Standardabweichung $[SD]$ bestimmt.

Die größte Keimlast wurde bei den mittelgradig verkalkten Perlatoren gefunden, gefolgt von den stark verkalkten. Bei den nicht/leichtgradig verkalkten Perlatoren wurde die geringste Keimlast gefunden. Die nachgewiesene Keimlast der nicht/leichtgradig verkalkten Perlatoren bewegte sich zwischen 0 und 57.070 KBE/Tupfer mit einem Mittelwert von 4.838 ± 10.817 KBE/Tupfer. Bei den mittelgradig verkalkten Perlatoren wurden zwischen 0 und 93.200 KBE/Tupfer nachgewiesen. Der Mittelwert betrug 14.804 ± 23.013 KBE/Tupfer. Die stark verkalkten Perlatoren wiesen eine Keimlast zwischen 0 und 110.720 KBE/Tupfer auf mit einem Mittelwert von 11.113 ± 22.243 KBE/Tupfer. Die Unterschiede waren im Kruskal-Wallis-Test nicht statistisch signifikant mit einem P-Wert von 0,0571 ($p > 0,05$).

Abbildung 7 stellt die Mittelwerte der durch Abstriche ermittelten Keimlast der Perlatoren mit Standardabweichung dar.

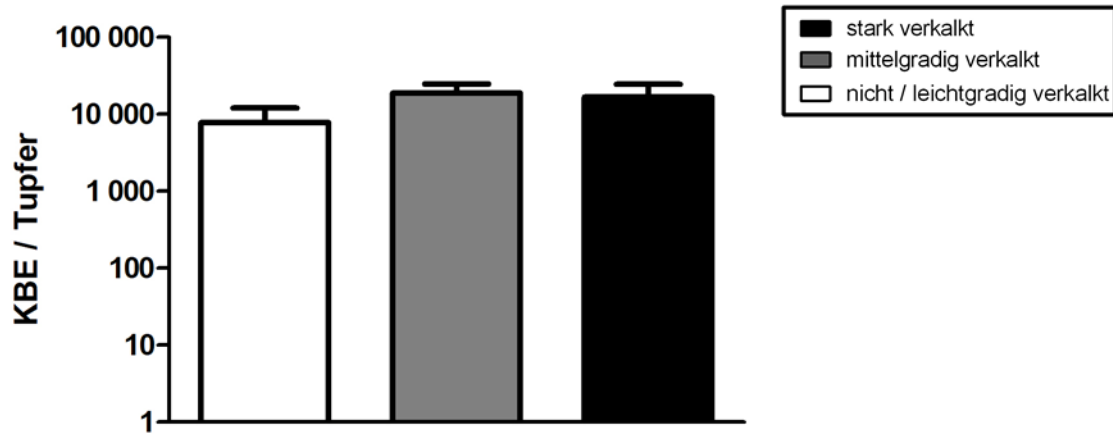


Abbildung 7: Mittelwerte der durch Abstriche bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade in logarithmischer Darstellung. Die Keimlastunterschiede sind statistisch nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test $p > 0,05$).

3.2.2 Quantitative Darstellung der nachgewiesenen Keime klassifiziert nach Keimgruppen

Die nachgewiesenen Keime wurden 11 Gruppen zugeordnet, i.e. *Bacillaceae*, *Caulobacteraceae*, *Comamonadaceae*, *Enterobacterales*, *Micrococcaceae*, Nonfermenter, Schlauchpilze, *Sphingomonadaceae*, Sprosspilze, *Staphylococcaceae* und *Streptococcaceae*. Keime, die sich nicht in eine der 11 Gruppen eingliedern ließen, wurden als sonstige Mikroorganismen aufgelistet. Eine Tabelle mit der Zuordnung der einzelnen Mikroorganismen zu den 12 Gruppen findet sich im Anhang (siehe Kapitel 8.3).

Die Keimlast der einzelnen Perlatorabstriche wurde für jede Keimgruppe gemittelt. Im Folgenden werden diese Mittelwerte getrennt für die drei Verkalkungsgrade betrachtet. Die entsprechenden Werte zeigt Abbildung 8.

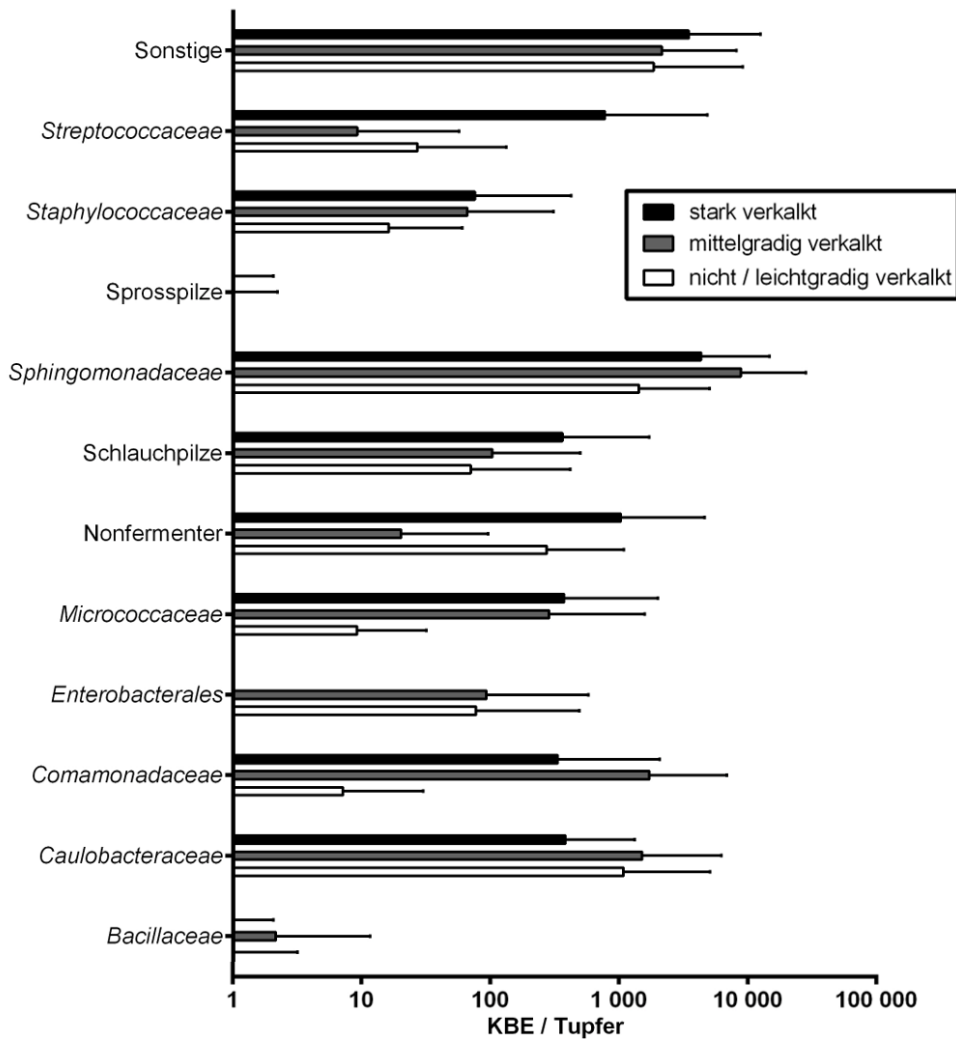


Abbildung 8: Mittelwerte der durch Abstriche bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade für die einzelnen Keimgruppen in logarithmischer Darstellung. Besonders kleine Werte bei Keimzahlen oder Standardabweichungen sind aufgrund der Darstellung als dekadischer Logarithmus nicht grafisch sichtbar.

Zur besseren Beurteilung der durchschnittlich nachgewiesenen Keimlast der Keimgruppen wurden verschiedene Keimlastgrade definiert. Die Tabelle 7 zeigt die Keimlastgrade und die zugeordnete gemittelte Keimlast.

Tabelle 7: Keimlastgrade und korrespondierender Mittelwert der Keimlast in KBE/Tupfer und KBE/ml.

Keimlastgrad	Mittelwert Keimlast in KBE / Tupfer und KBE / ml
Hoch	≥ 1000
Mittel	< 1000 aber ≥ 100
Gering	< 100 aber ≥ 10

Bei den nicht/leichtgradig verkalkten Perlatoren wurde eine hohe Keimlast für die Gruppen der *Caulobacteraceae*, *Sphingomonadaceae* sowie der sonstigen Mikroorganismen ermittelt. Eine mittlere Keimlast wurde nur für die Nonfermenter nachgewiesen. Alle anderen Gruppen waren nur mit einer geringen Keimlast vertreten. Sprosspilze wurden gar nicht nachgewiesen.

Bei den Abstrichen der mittelgradig verkalkten Perlatoren wurde eine hohe Keimlast für die Gruppen der *Caulobacteraceae*, *Comamonadaceae*, *Sphingomonadaceae* sowie der sonstigen Mikroorganismen ermittelt. Eine mittlere Keimlast wurde für die *Micrococcaceae* und Schlauchpilze nachgewiesen. Alle anderen Gruppen wurden im Mittel nur in einer geringen Keimlast nachgewiesen.

Bei den Abstrichen der stark verkalkten Perlatoren wurde eine hohe Keimlast für die Gruppen der Nonfermenter und *Sphingomonadaceae* sowie der sonstigen Mikroorganismen ermittelt. Eine mittlere Keimlast wurde für die Gruppen der *Caulobacteraceae*, *Comamonadaceae*, *Micrococcaceae*, Schlauchpilze und *Streptococcaceae* nachgewiesen. Die stark verkalkten Perlatoren wiesen zudem eine geringe Keimlast der Gruppen der *Bacillaceae*, Sprosspilze und *Staphylococcaceae* auf. *Enterobacterales* wurden nicht gefunden.

3.2.3 Ermittelte Keimlast der Perlatoren eingeteilt nach dem Entnahmeort der Proben

Um eine mögliche Korrelation zwischen der Keimlast einer Probe und dem Entnahmeort innerhalb der UMR zu untersuchen, wurde unabhängig vom Verkalkungsgrad die gemittelte Keimlast der Abstriche für die einzelnen medizinischen Einrichtungen berechnet (siehe Abbildung 9).

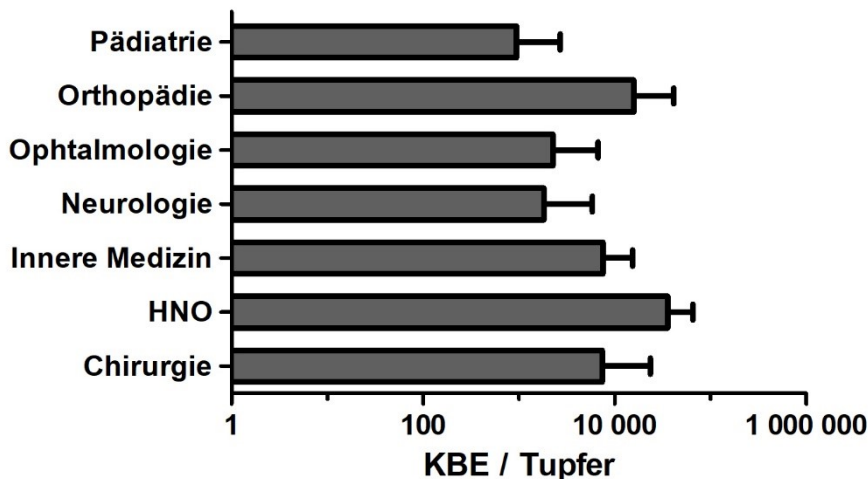


Abbildung 9: Mittelwerte der durch Abstriche bestimmten Keimlast der Perlatoren für die verschiedenen medizinischen Einrichtungen in logarithmischer Darstellung.

Die quantitativ größte, gemittelte Keimlast mit 35.962 ± 29.625 KBE/Tupfer wurde an den Abstrichen der Perlatoren aus der HNO nachgewiesen. Auch Abstriche von Perlatoren aus der Orthopädie wiesen mit 15.930 ± 25.583 KBE/Tupfer im Mittel eine vergleichsweise große Keimlast auf. In allen anderen Einrichtungen wurden im Mittel eine Keimlast von weniger als

10.000 KBE/Tupfer ermittelt. Die geringste Keimlast wurde mit einem Mittelwert von 948 ± 1.749 KBE/Tupfer in der Pädiatrie gefunden.

3.3 Quantitative Auswertung der Wasserproben

3.3.1 Ermittelte Keimlast eingeteilt nach dem Verkalkungsgrad der Perlatoren

Für jede Wasserprobe eines Perlatoren wurde die Keimlast bestimmt. Dazu wurde gemäß Kapitel 2.6.3 die Anzahl koloniebildender Einheiten (KBE) für einen Milliliter der Wasserprobe bestimmt (KBE/ml). Ausgehend von diesen Werten wurde für alle Wasserproben der Perlatoren eines Verkalkungsgrades jeweils ein arithmetischer Mittelwert $[x]$ gebildet und die Standardabweichung $[SD]$ bestimmt.

Die größte Keimlast wurde in den Wasserproben der stark verkalkten Perlatoren gefunden. Die geringste Keimlast wurde für die Wasserproben der nicht/leichtgradig verkalkten Perlatoren ermittelt. Die nachgewiesene Keimlast der nicht/leichtgradig verkalkten Perlatoren bewegte sich zwischen 8 und 52.150 KBE/ml mit einem Mittelwert von 11.458 ± 15.069 KBE/ml. Bei den mittelgradig verkalkten Perlatoren wurden zwischen 126 und 159.800 KBE/ml nachgewiesen. Der Mittelwert betrug 24.868 ± 32.868 KBE/ml. Die stark verkalkten Perlatoren wiesen eine Keimlast zwischen 10 und 247.758 KBE/ml auf mit einem Mittelwert von 27.170 ± 51.883 KBE/ml.

Die Unterschiede waren im Kruskal-Wallis-Test statistisch nicht signifikant mit einem P-Wert von 0,1326 ($p > 0,05$).

Abbildung 10 visualisiert die Mittelwerte der durch Wasserproben ermittelten Keimlast der Perlatoren, mit Standardabweichung.

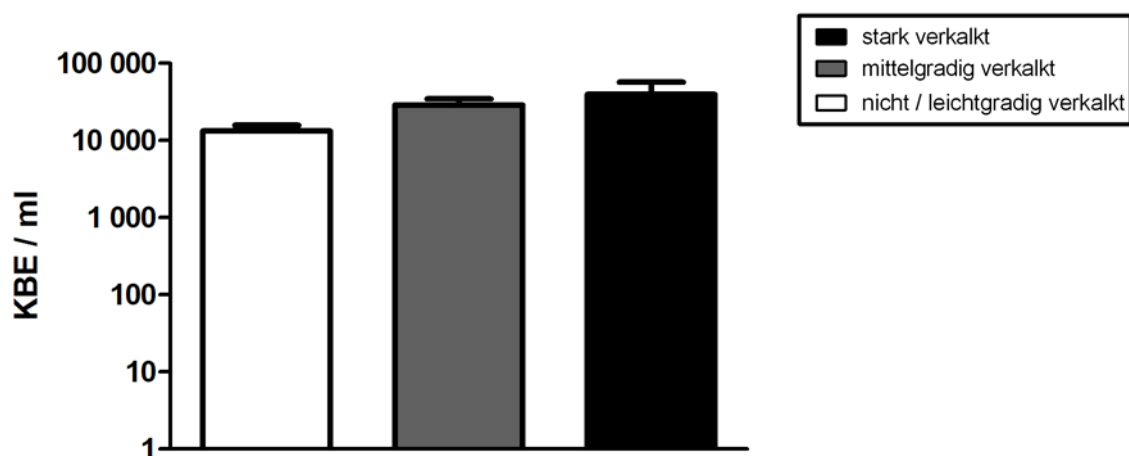


Abbildung 10: Mittelwerte der durch Wasserproben bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade in logarithmischer Darstellung. Die Unterschiede waren im Kruskal-Wallis-Test statistisch nicht signifikant $p = 0,1326$ ($p > 0,05$).

3.3.2 Quantitative Darstellung der nachgewiesenen Keime klassifiziert nach Keimgruppen

Die Einteilung der in den Wasserproben nachgewiesenen Keimarten in Gruppen erfolgte analog dem Vorgehen bei den Perlatorabstrichen (siehe Kapitel 3.2.2).

Analog der Vorgehensweise bei den Abstrichen wurde die Keimlast der einzelnen Wasserproben für jede Gruppe gemittelt. Im Folgenden werden diese Mittelwerte getrennt für die drei Verkalkungsgrade betrachtet. Abbildung 11 zeigt die entsprechenden Werte.

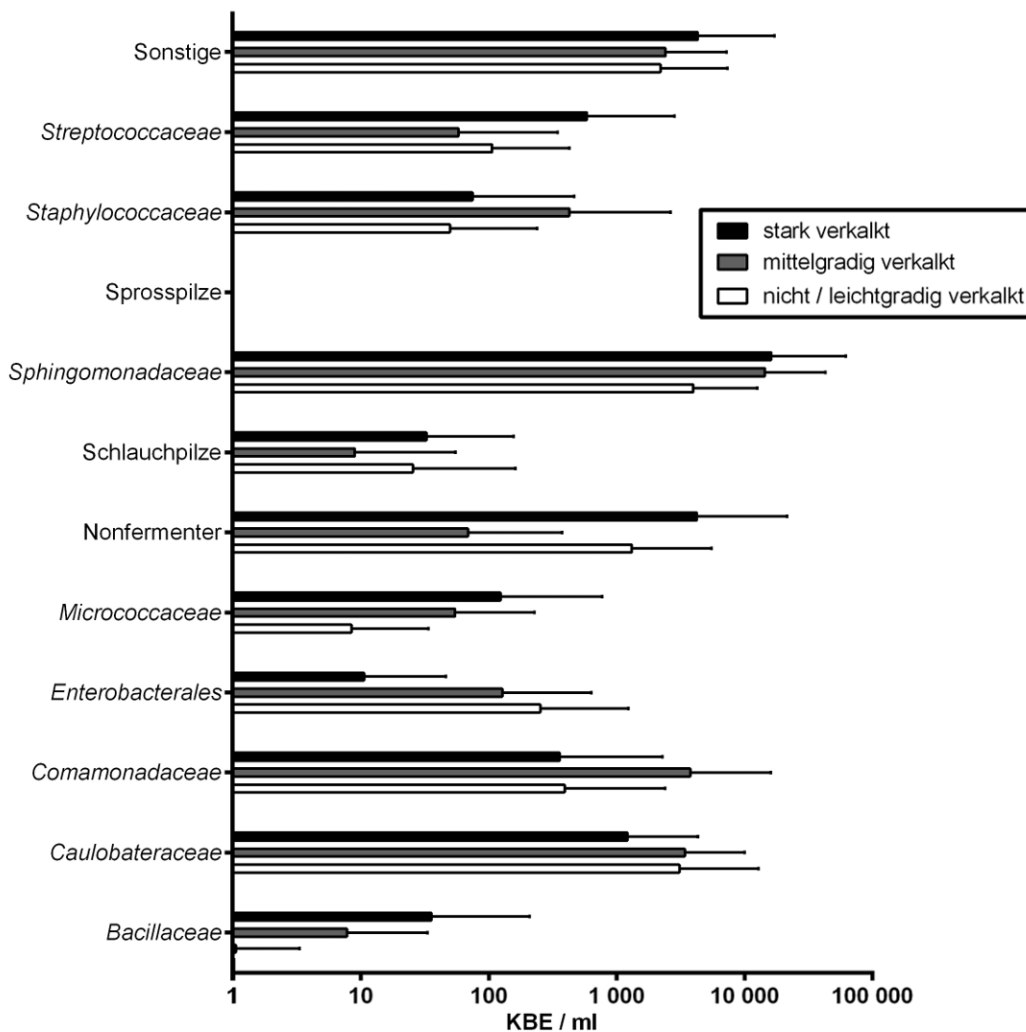


Abbildung 11: Mittelwerte der durch Wasserproben bestimmten Keimlast der Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade für die einzelnen Keimgruppen in logarithmischer Darstellung.

Die Einteilung in drei verschiedene Keimlastgrade erfolgte gemäß Tabelle 7 aus Kapitel 3.2.2. Bei den Wasserproben der nicht/leichtgradig verkalkten Perlatoren wurde eine hohe Keimlast für die Gruppen der *Caulobacteraceae*, Nonfermenter und *Sphingomonadaceae*, sowie der sonstigen Mikroorganismen ermittelt. Eine mittlere Keimlast wurde für die Gruppen der

Comamonadaceae, *Enterobacterales* und *Streptococcaceae* nachgewiesen. Keime aus allen anderen Gruppen führten nur zu einer geringen Keimlast.

Bei den Wasserproben der mittelgradig verkalkten Perlatoren wurde eine hohe Keimlast für die Gruppen der *Caulobacteraceae*, *Comamonadaceae*, *Sphingomonadaceae*, sowie der sonstigen Mikroorganismen nachgewiesen. Eine mittlere Keimlast wurde für die Gruppen der *Enterobacterales* und *Staphylococcaceae* nachgewiesen. Keime aus allen anderen Gruppen führten im Mittel nur zu einer geringen Keimlast.

Eine hohe Keimlast bei den Wasserproben der stark verkalkten Perlatoren wurde für die Gruppen der *Caulobacteraceae*, Nonfermenter, *Sphingomonadaceae* sowie der sonstigen Mikroorganismen ermittelt. Eine mittlere Keimlast wurde für die Gruppen der *Streptococcaceae*, *Comamonadaceae* und *Micrococcaceae* nachgewiesen. In nur einer geringen Keimlast waren die Gruppen der *Staphylococcaceae*, Schlauchpilze, *Enterobacterales* und *Bacillaceae* vorhanden.

In keiner der Wasserproben konnten Sprosspilze nachgewiesen werden.

3.3.3 Ermittelte Keimlast der Perlatoren eingeteilt nach dem Entnahmeort der Proben

Analog zu Kapitel 3.2.3 wurde eine mögliche Korrelation zwischen der Keimlast einer Wasserprobe und dem Entnahmeort innerhalb der UMR untersucht. Dafür wurde, unabhängig vom Verkalkungsgrad des Perlatoren, die gemittelte Keimlast der Wasserproben für die einzelnen Fachrichtungen berechnet (siehe Abbildung 12).

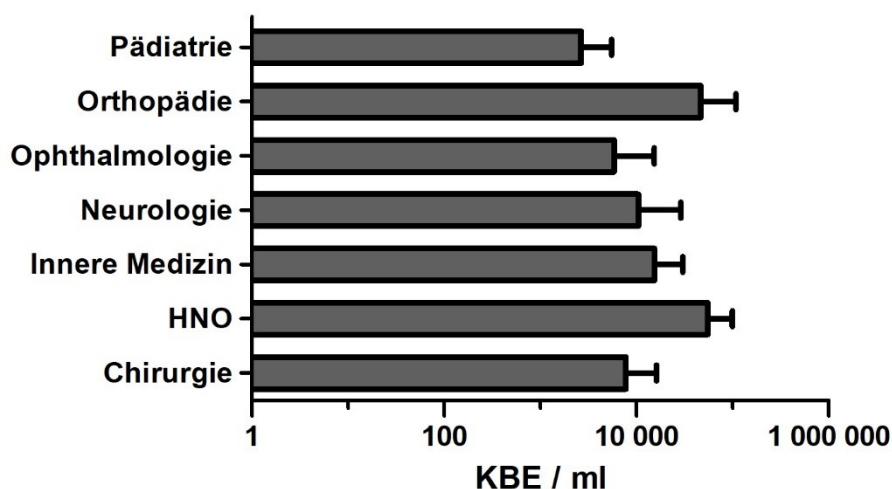


Abbildung 12: Mittelwerte der durch Wasserproben bestimmten Keimlast der Perlatoren für die verschiedenen medizinischen Einrichtungen in logarithmischer Darstellung.

Die quantitativ größte Keimlast mit 55.204 ± 44.526 KBE/ml wurde in Wasserproben von Perlatoren aus der HNO nachgewiesen. Die Wasserproben aus der Orthopädie wiesen die zweitgrößte Keimlast mit 46.535 ± 61.757 KBE/ml auf, gefolgt von der Inneren Medizin mit 15.433 ± 14.962 KBE/ml und der Neurologie mit 10.525 ± 18.445 KBE/ml. In den Wasserproben der Chirurgie und Ophthalmologie wurden im Mittel <10.000 KBE/ml nachgewiesen. Mit 2.653 ± 2.843 KBE/ml wurde in der Pädiatrie im Mittel die geringste Keimlast festgestellt.

3.4 Relative Häufigkeit der Keimgruppen an den Abstrichen

Zum qualitativen Vergleich des Vorkommens der verschiedenen Keimgruppen untereinander wurde die absolute und relative Häufigkeit ihres Nachweises an den Perlatoren der nicht/leichtgradig, mittelgradig und stark verkalkten Perlatoren bestimmt.

Die absolute Nachweishäufigkeit der Keimgruppen an den Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade befindet sich im Anhang (siehe Kapitel 8.4).

Abbildung 13 zeigt die relative Häufigkeit des Nachweises der einzelnen Keimgruppen an den Abstrichen, jeweils für die drei Verkalkungsgrade. Die Auftragung der Häufigkeit erfolgte als Anzahl für eine Keimgruppe positiv abgestrichener Perlatoren im Verhältnis zur Gesamtzahl der Perlatoren innerhalb eines Verkalkungsgrads.

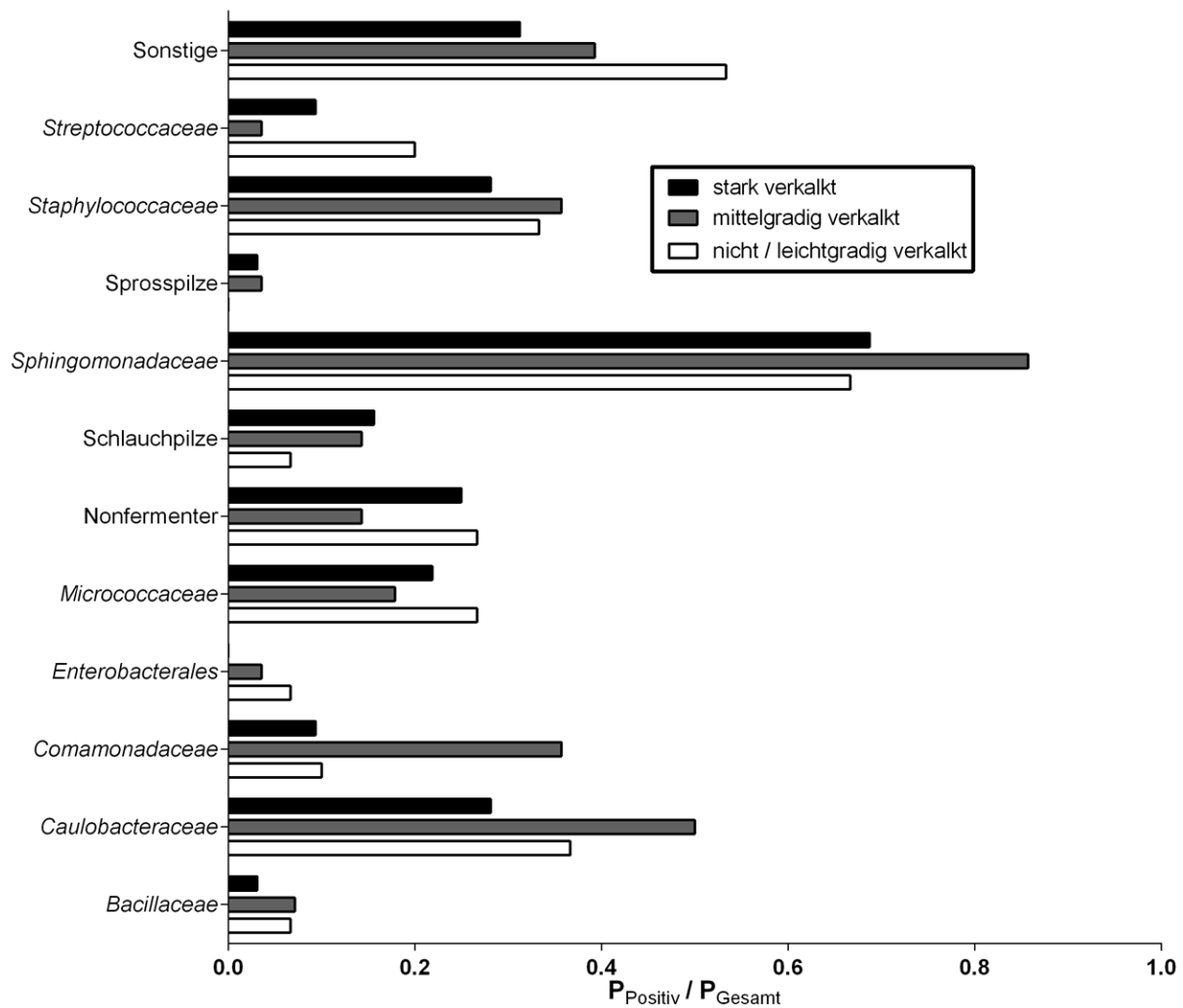


Abbildung 13: Vergleich der relativen Häufigkeiten des Nachweises der Keimgruppen an den Abstrichen für die drei Verkalkungsgrade der zugehörigen Perlatores. $P_{\text{positiv}}/P_{\text{gesamt}}$ = Anzahl der positiv abgestrichenen Perlatores/Gesamtzahl aller abgestrichenen Perlatores des jeweiligen Verkalkungsgrads, beides für alle drei Verkalkungsgrade. P_{gesamt} : 30 (nicht/leichtgradig verkalkt); 28 (mittelgradig verkalkt); 32 (stark verkalkt).

Die häufigste nachgewiesene Keimgruppe bei den nicht/leichtgradig verkalkten Perlatores waren die *Sphingomonadaceae*. Vertreter dieser Gruppe wurden auf 20 von 30 Perlatores nachgewiesen. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 0,67 und ist zugleich der seltenste Nachweis dieser Keimgruppe im Vergleich der drei Verkalkungsgrade. Weitere Mikroorganismen, die häufig nachgewiesen wurden, gehörten zu den Gruppen der *Caulobacteraceae* und *Staphylococcaceae*, sowie der sonstigen Mikroorganismen. Diese Gruppen wurden jeweils an mindestens 10 der 30 Perlatores nachgewiesen, entsprechend der relativen Häufigkeit von $\geq 0,37$. Am seltensten d.h. bei zwei Abstrichen, entsprechend einer relativen Häufigkeit von 0,07, wurden *Bacillaceae*, *Enterobacterales* und Schlauchpilze nachgewiesen. Sprosspilze wurden nicht gefunden.

Ebenfalls bei den mittelgradig verkalkten Perlatores wurde die Gruppe der *Sphingomonadaceae* am häufigsten nachgewiesen. Sie wurden an 24 von 28 Proben gefunden.

Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 0,86 und ist zugleich das häufigste Vorkommen einer Keimgruppe insgesamt. An mindestens 10 Perlatoren, entsprechend einer relativen Häufigkeit von $\geq 0,36$, wurden die Gruppen der *Caulobacteraceae*, *Comamonadaceae* und *Staphylococcaceae*, sowie der sonstigen Mikroorganismen gefunden. Der Nachweis der Gruppen der *Enterobacterales*, Sprosspilzen und *Streptococcaceae* war an nur einem Abstrich positiv. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von $< 0,04$.

An den Abstrichen der stark verkalkten Perlatoren konnte die Gruppe der *Sphingomonadaceae* mit einem Nachweis aus 22 der 32 Proben am häufigsten nachgewiesen werden. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 0,69. Der Nachweis der Gruppe der sonstigen Mikroorganismen erfolgte an 10 von 32 Perlatoren, dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 0,31. Alle anderen Gruppen wurden an weniger als 10 Perlatoren, Sprosspilze und *Bacillaceae* nur an einem der 32 Perlatoren nachgewiesen. Die relative Häufigkeit ist somit $< 0,04$. Es wurden keine *Enterobacterales* gefunden.

3.5 Relative Häufigkeit der Keimgruppen in den Wasserproben

Abbildung 14 zeigt die relative Häufigkeit des Nachweises der einzelnen Keimgruppen in den Wasserproben, jeweils für die drei Verkalkungsgrade der zugehörigen Perlatoren. Die Auftragung der Häufigkeit erfolgte als Anzahl positiver Wasserproben im Verhältnis zur Gesamtzahl aller untersuchten Wasserproben innerhalb eines Verkalkungsgrads der Perlatoren.

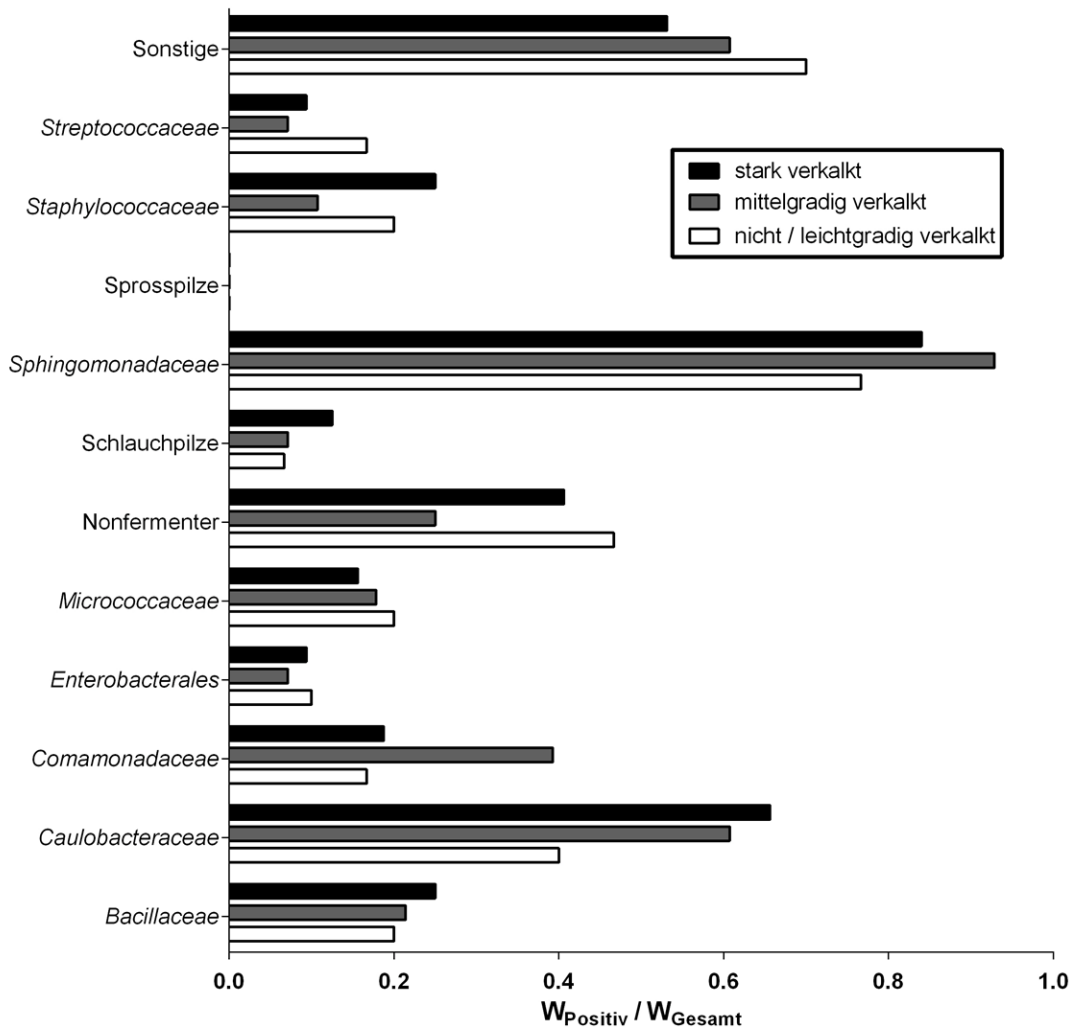


Abbildung 14: Vergleich der relativen Häufigkeiten des Nachweises der Keimgruppen in den Wasserproben für die drei Verkalkungsgrade der zugehörigen Perlatores. $W_{\text{positiv}}/W_{\text{gesamt}} = \text{Anzahl der positiven Wasserproben} / \text{Gesamtzahl aller untersuchten Wasserproben des jeweiligen Verkalkungsgrads}$. W_{gesamt} : 30 (nicht/leichtgradig verkalkt); 28 (mittelgradig verkalkt); 32 (stark verkalkt).

Eine Tabelle zur absoluten Häufigkeit des Nachweises der Keimgruppen in den Wasserproben entsprechend der drei Verkalkungsgrade der zugehörigen Perlatores befindet sich im Anhang (siehe Kapitel 8.4).

Die häufigste Keimgruppe in den Wasserproben der nicht/leichtgradig verkalkten Perlatores waren die *Sphingomonadaceae*. Sie wurde in 23 von 30 Wasserproben nachgewiesen. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 0,77 und ist damit die geringste Häufigkeit des Nachweises für diese Keimgruppe aus den Wasserproben. Der Nachweis der Gruppe der sonstigen Mikroorganismen erfolgte bei 21 von 30 Perlatores, entsprechend einer relativen Häufigkeit von 0,7. In mehr als 10 Wasserproben wurden die *Caulobacteraceae* und Nonfermenter gefunden. Die relative Häufigkeit ist damit $>0,33$. Schlauchpilze wurden in nur zwei Proben nachgewiesen, dies entspricht einer relativen Häufigkeit von $<0,07$.

Bei den mittelgradig verkalkten Perlatoren wurde ebenfalls die Gruppe der *Sphingomonadaceae* am häufigsten nachgewiesen. Sie wurden aus 26 von 28 Wasserproben isoliert. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 0,93 und ist zugleich das häufigste Vorkommen einer Keimgruppe in den Wasserproben insgesamt. An mehr als 10 Perlatoren, entsprechend einer relativen Häufigkeit von $>0,36$, wurden die Gruppen der *Caulobacteraceae*, *Comamonadaceae* und sonstige Mikroorganismen gefunden. Der Nachweis von *Enterobacterales*, Schlauchpilzen und *Streptococcaceae* war jeweils aus zwei Wasserproben positiv. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von $<0,08$.

Aus den Wasserproben der stark verkalkten Perlatoren konnte die Gruppe der *Sphingomonadaceae* mit einem Nachweis aus 27 der 32 Proben am häufigsten isoliert werden. Dies entspricht einer relativen Häufigkeit von 0,84. Auch die *Caulobacteraceae* wurden in 21 Wasserproben nachgewiesen, entsprechend der relativen Häufigkeit von 0,66. Der Nachweis der Gruppen der Nonfermenter sowie der sonstigen Mikroorganismen war in über 10 von 32 Wasserproben positiv, dies entspricht einer relativen Häufigkeit von $>0,31$. Die Gruppen der *Enterobacterales* und *Streptococcaceae* wurde nur in jeweils drei der 32 Wasserproben gefunden. Die relative Häufigkeit ist somit $<0,1$.

In keiner der Wasserproben der drei Verkalkungsgrade konnten Sprosspilze nachgewiesen werden.

3.6 Nachgewiesene potenziell pathogene Mikroorganismen

Zur Bestimmung der potenziellen Gefährdung von Patienten durch an Perlatoren vorkommende Keime wurde das Keimspektrum jeder Probe bestimmt. Bei den gefundenen Mikroorganismen handelte es sich zumeist um Umweltkeime, die zugleich nur fakultativ humanpathogen sind. Zur besseren Beurteilung einer potenziellen Gefährdung der Patienten durch die gefundenen Mikroorganismen wurden diese mit den im Rahmen der klinischen Surveillance durch das IMIKRO der UMR erhobenen Daten aus dem Jahr 2015 verglichen. Diese enthalten sämtliche positiven Keimnachweise aus Patientenmaterialien der UMR. Die Daten aus dem Jahr 2015 wurden gewählt, da die Beprobung der Perlatoren mehrheitlich in diesem Zeitraum stattfand. Die Einteilung der an Abstrichen und in Wasserproben nachgewiesenen Keime erfolgt abhängig von der Häufigkeit ihres Nachweises in Patientenmaterialien an der UMR im Jahr 2015. Zudem wurde der Verkalkungsgrad der entsprechenden Perlatoren betrachtet. Eine ausführlichere Darstellung der Keime aus dieser Studie im Zusammenhang mit den Daten der Erhebung der Surveillance 2015 zeigt eine Tabelle im Anhang (siehe Kapitel 8.5).

Zur Gewichtung der potenziellen Pathogenität der Keime wurde zunächst erhoben, wie oft die zehn am häufigsten im Rahmen der Surveillance an der UMR nachgewiesenen Keime im Jahr 2015 auch an Perlatorabstrichen oder in Wasserproben nachgewiesen wurde. Dies zeigt Tabelle 8.

Tabelle 8: Die zehn häufigsten im Rahmen der klinischen Surveillance 2015 nachgewiesenen Keime in Patientenproben der UMR in absteigender Häufigkeit in Relation zur Häufigkeit des Nachweises des entsprechenden Keims an Abstrichen und in Wasserproben der Perlatoren dieser Studie. Die Einteilung erfolgte entsprechend des Verkalkungsgrads der Perlatoren.

Keim	Nachweise UMR 2015	Verkalkungsgrad (Perlatorabstriche)			Verkalkungsgrad (Wasserproben)		
		nicht / leichtgradig	mittelgradig	stark	nicht / leichtgradig	mittelgradig	stark
<i>Escherichia coli</i>	2112						
<i>Staphylococcus aureus</i> (MSSA und MRSA)	1999		1				
<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>E. avium</i> , <i>E. faecium</i> , VRE	1517						
<i>Candida albicans</i>	1089						
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1060	8	4	5	4	1	6
<i>Klebsiella pneumoniae</i> u. <i>K. Oxytoca</i>	746						
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	610						
<i>Proteus mirabilis</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. penneri</i>	518						
<i>Enterobacter cloacae</i> und <i>E. aerogenes</i>	343						
<i>Candida glabrata</i>	282			1			

Die Tabelle zeigt, dass von den zehn häufigsten Keimen nur drei in Abstrichen oder Wasserproben gefunden wurden. Von diesen drei wurden *Staphylococcus aureus* und *Candida glabrata* nur jeweils einmal nachgewiesen. Der Nachweis von *Staphylococcus epidermidis* erfolgte an 17 Abstrichen und in 11 Wasserproben aller drei Verkalkungsgrade, entsprechend einer relativen Häufigkeit von 0,19 bzw. 0,12.

Die Tabellen 9 und 10 zeigen die häufigsten Keime, die im Rahmen dieser Studie an Perlatorabstrichen oder in Wasserproben nachgewiesen wurden im Vergleich mit den

Surveillance-Daten von 2015. Aufgeführt wurden dabei alle Keime, die mindestens zehn Mal an Perlatorabstrichen (Tabelle 9) oder in Wasserproben (Tabelle 10) nachgewiesen wurden.

Tabelle 9: Keime mit Nachweis an ≥ 10 Perlatorabstrichen im Vergleich mit der Häufigkeit ihres Nachweises im Rahmen der klinischen Surveillance an der UMR im Jahr 2015. Die Einteilung erfolgte entsprechend des Verkalkungsgrads der Perlatoren. Aufzählung in absteigender Häufigkeit.

Keim	Verkalkungsgrad (Perlatorabstriche)				Nachweise UMR 2015
	Gesamt	nicht / leichtgradig	mittelgradig	stark	
<i>Sphingomonas</i> spp.	65	20	24	21	7 (nur <i>S. paucimobilis</i>)
<i>Brevundimonas</i> spp.	34	11	14	9	0
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	17	8	4	5	1060
<i>Micrococcus luteus</i> / <i>lylae</i>	14	7	3	4	15
<i>Comamonas testosteroni</i>	13	2	8	3	2
<i>Fusarium</i> spp.	11	2	4	5	0
<i>Sphingobacterium</i> spp.	10	3	0	7	1

Tabelle 10: Keime mit Nachweis in ≥ 10 Wasserproben im Vergleich mit der Häufigkeit ihres Nachweises im Rahmen der klinischen Surveillance der UMR im Jahr 2015. Die Einteilung erfolgte entsprechend des Verkalkungsgrads der Perlatoren. Aufzählung in absteigender Häufigkeit.

Keim	Verkalkungsgrad (Wasserproben)				Nachweise UMR 2015
	Gesamt	nicht / leichtgradig	mittelgradig	stark	
<i>Sphingomonas</i> spp.	76	23	26	27	7 (nur <i>S. paucimobilis</i>)
<i>Brevundimonas</i> spp.	50	12	17	21	0
<i>Bacillus</i> spp. sine <i>B. cereus</i>	20	6	6	8	6
<i>Acinetobacter</i> spp. sine <i>A. baumannii</i>	16	8	2	6	60
<i>Comamonas testosteroni</i>	15	3	8	4	2
<i>Micrococcus luteus</i> / <i>lylae</i>	13	4	5	4	15
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	11	4	1	6	1060
<i>Paenibacillus</i> spp.	10	4	4	2	0

Der häufigste im Rahmen dieser Studie nachgewiesene Keim an Abstrichen und in Wasserproben war *Sphingomonas* spp., wobei hauptsächlich, i.e. an 60 Abstrichen und in 65 Wasserproben, eindeutig *S. paucimobilis* nachgewiesen wurde. Die Surveillance der Keimnachweise aus Patientenmaterialien der UMR erbrachte sieben Mal den Nachweis von *Sphingomonas paucimobilis*. Andere *Sphingomonadaceae* wurden an der UMR nicht nachgewiesen.

Mit Nachweis an 17 Abstrichen und in 11 Wasserproben war *Staphylococcus epidermidis* der einzige Keim, der auch unter den zehn häufigsten an der UMR nachgewiesenen Keimen war. Hier belegte er Platz fünf mit 1060 Nachweisen (Tabelle 8).

Brevundimonas spp. wurde 34 Mal an Abstrichen und 50 Mal in Wasserproben nachgewiesen. Es erfolgte jedoch kein Nachweis aus Patientenmaterialien der UMR im Jahr 2015. Die Keimgruppe *Bacillus* spp., mit Ausnahme von *Bacillus cereus* (welcher an Abstrichen und in Wasserproben nicht gefunden wurde, wobei jeder nachgewiesene *Bacillus* Stamm auf die Zugehörigkeit zu dieser Spezies geprüft wurde), wurde insbesondere in Wasserproben, dort 20 Mal, nachgewiesen. Der Nachweis an den Abstrichen erfolgte hingegen nur fünf Mal. In Proben der UMR war der Nachweis sechs Mal erfolgt.

Die quantitative Relation anderer, seltener in Abstrichen und Wasserproben gefundenen Keime im Vergleich zu den Nachweisraten aus klinischen Materialien sind den Tabellen 9 und 10 zu entnehmen.

4 Diskussion

Um abschätzen zu können, ob von verkalkten Perlatoren (dazu zählen mittelgradig und stark verkalkte) im Vergleich zu nicht oder leichtgradig verkalkten Perlatoren generell ein größeres Infektionsrisiko für Patienten ausgeht, wurde in dieser Studie ein standardisiertes Schema aus Abstrichen und Wasserproben zur Keimdifferenzierung und Keimlastbestimmung herangezogen. Keimspezies und Keimlast wurden, in Abhängigkeit vom Verkalkungsgrad der Perlatoren, systematisch erfasst.

Bei der Gewinnung von Wasserproben und dem Anfertigen von Abstrichen handelt es sich um Standardmethoden der Umgebungsuntersuchung. Allerdings nutzten wir in dieser Studie bewusst ein anderes Schema als jenes für die Trinkwasseruntersuchung nach DIN EN ISO 19458. Dieses umfasst unter anderem die gründliche Reinigung der Entnahmearmatur und die Desinfektion derselben vor Probennahme durch Abflammen, um die Qualität des Trinkwassers unabhängig vom Verschmutzungsgrad des Wasserauslaufs messen zu können.

In dieser Studie sollten die Untersuchungsbedingungen jedoch so nah wie möglich an den Alltagssituationen der Patienten liegen. Diese entnehmen normalerweise direkt nach Öffnen des Wasserhahns Wasser für ihre Körperhygiene. Sie desinfizieren die Armatur nicht vor der Nutzung und werden demnach den Bakterien, die sich bereits initial im Wasser oder am Perlator befinden, direkt ausgesetzt. Aus diesem Grund wurden die Perlatoren vor dem Abstreichen nicht gereinigt und es wurde Erststrahlwasser verwendet.

Bei der Auswahl eines geeigneten Tupfers für die Probennahme an den Perlatoren müssen verschiedene Faktoren beachtet werden. Zum einen besteht die Gefahr, bei Nutzung eines nicht geeigneten Tupfers keine ausreichende Menge Mikroorganismen aufzunehmen. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass ein Tupfer zwar ausreichend Mikroorganismen aufnimmt, diese aber im Labor bei der Analyse nicht wieder abgibt. Das könnte entweder zu einer Unterschätzung der Keimlast oder einem falsch negativen Untersuchungsergebnis für einen tatsächlich vorhandenen Keim führen. Wir nutzten für das Abstreichen der Perlatoren einen Tupfer aus Polyurethan-Zellschaum. Alternativen wären nylonbeflockte Tupfer oder die klassischen baumwoll- oder viskosegewickelten Tupfer gewesen. Die Wahl des Tupfers erfolgte anhand der folgenden Kriterien und Überlegungen: Verkalkte Oberflächen sind rau und könnten daher die Oberfläche eines Tupfers beschädigen. Dies gilt insbesondere für Tupfer mit gewickelten Spitzen (Probst et al. 2010). Tupfer mit gewickelten Spitzen wurden daher ausgeschlossen. Zum anderen ist die abzustreichende Oberfläche im Fall der Perlatoren zumeist trocken. Aus diesem Grund ist ein Tupfer von Nöten, der auch bei trockenem Milieu eine

optimale Performance aufweist. Nylonbeflockte Tupferspitzen und Spitzen aus Zellschaum zeigten ähnlich sensitive Ergebnisse bei MRSA-Screening-Abstrichen aus dem eher trockenen Nasen-Vestibulum (Warnke et al. 2014a) und kommen daher für trockene Oberflächen in Frage. Des Weiteren muss der genutzte Tupfer eine möglichst große Menge der vorher aufgenommenen Bakterien auch wieder abgeben. Der Polyurethan-Zellschaum Tupfer Sigma-Swab zeigte mit Wiederabgabe-Raten im Bereich von bis zu 60 % der vorher aufgenommenen Keimmengen die beste Performance im Vergleich mit fünf anderen Tupfern in einem flüssigkeitsarmen Setting (Warnke et al. 2014b). Er zeigte unter Berücksichtigung aller Faktoren das beste Profil für die geplanten Perlatorabstriche.

Die Abnahme von Wasserproben wird zur Überprüfung der Trinkwasserqualität gemäß der Vorgaben der TrinkwV genommen (Trinkwasserverordnung 2018; WHO 2017). Im Vergleich mit den Abstrichen lassen sich die zu untersuchenden Mengen besser standardisieren und sind weniger anfällig für Fehler bei der Abnahme. Bei der Wasserprobe ist es zudem möglich, Keime aus dem Inneren des Perlators zu erfassen, die mit dem Wasser herausgespült werden.

Keime auf der Außenseite des Perlators können hingegen nur durch einen Abstrich erfasst werden. Damit ergänzen sich beide Techniken. Durch den Vergleich beider Probenarten lässt sich zudem eruieren, welche Keime sich nur an der Perlatoraußenseite und welche sich nur im Wasser bzw. an der Perlatorinnenseite befinden. Ein quantitativer Vergleich der Keimlast der Abstriche und der Wasserproben kann jedoch nicht erfolgen, da die Keimlast in unterschiedlichen Einheiten gemessen wurde. Die Messung der Keimlast der Wasserproben erfolgte in KBE/ml, die der Abstriche in KBE/Tupfer. Da sowohl der Anpressdruck des Tupfers als auch die Anzahl der Umkreisungen die gemessene Keimlast beeinflussen, wurden diese Parameter standardisiert.

Mit Ausnahme von sechs Abstrichen (jeweils zwei für jeden Verkalkungsgrad) konnte bei allen Perlatorabstrichen, nach fünftägiger Inkubation Wachstum von Mikroorganismen auf den Nährmedien nachgewiesen werden. Alle Wasserproben wiesen nach fünf Tagen Inkubation ein Keimwachstum auf den Nährmedien auf. Für eine initiale Unterscheidung der Keime an unterschiedlich verkalkten Perlatoren ist eine 5-tägige Bebrütungszeit somit als ausreichend anzusehen. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass bestimmte, langsam wachsende Keime, e.g. atypische Mykobakterien, erst nach einer längeren Inkubationszeit ein Wachstum auf den Agarplatten gezeigt hätten. Es erfolgte zudem auch kein anaerober Bebrütungsansatz. Für die weitere Beurteilung einer potenziellen Infektionsgefahr durch Anaerobier und langsam wachsende Keime an Perlatoren sind gegebenenfalls noch umfangreichere Untersuchungen von Nöten.

Für die Identifizierung der vorkommenden Keime wurden verschiedene Methoden verwendet. Die meisten der im Rahmen dieser Studie im Wasser gefundenen Mikroorganismen kommen nur äußerst selten im klinischen Alltag vor. Die Datenbanken der zur Identifizierung in der klinischen Mikrobiologie eingesetzten Techniken sind jedoch zumeist auf humanpathogene Keime optimiert. Das vierstufige Vorgehen in dieser Arbeit mittels MALDI-TOF, VITEK-MS, API oder RAPID CB Plus sowie 16S- bzw. 18S-PCR mit konsekutiver Sequenzierung macht eine sichere Identifizierung zwar möglich, ist aber sehr zeitaufwendig und teuer und somit für Untersuchungen in größerem Umfang ungeeignet. Ein alternativer Ansatz könnte im ersten Schritt MALDI-TOF und für alle nicht identifizierten Keime den direkten Einsatz der PCR umfassen.

Die Faktoren Inokulationsdosis, Pathogenität und Übertragungsweg spielen die entscheidende Rolle bei der Entstehung von Infektionen. Sie sind damit auch determinierend für die potenzielle Infektionsgefahr durch verkalkte Perlatoren. Mögliche Übertragungswege der Mikroorganismen von den Perlatoren zum Patienten bestehen entweder über den direkten Hand- oder Mundkontakt mit dem Perlator oder den indirekten Kontakt. Dieser kann entweder durch transient kolonisierte Hände des Personals oder durch vom Perlator kontaminiertes Wasser, zum Beispiel durch Aerosolbildung oder Waschen sowie Reinigungsarbeiten, erfolgen (Weber et al. 1999).

Diese Studie beschäftigt sich mit der Menge der durch Abstriche und Wasserproben nachgewiesenen Keime an den Perlatoren. Im Rahmen dieser Studie wurde jedoch nicht untersucht, ob die an Perlatoren nachgewiesenen Keimlast ausreicht, um eine Infektion auszulösen. Die Keimlast ist abhängig von den im wässrigen Milieu und am Perlator herrschenden Bedingungen. Eine hohe Keimlast könnte zu einer erhöhten Inokulationsdosis und damit potenziell eher zu einer Infektion führen. Die individuelle Inokulationsdosis, die zu einer Infektion führt, ist für jeden Mikroorganismus anders. Sie hängt vom Immunstatus der betroffenen Person, dem Übertragungsweg und der Virulenz des Erregers ab (Schaad 1983). Korrelationen zwischen Keimlast und Risiko bzw. Schwere einer Infektion wurden bereits mehrfach aufgezeigt (Schaad 1983; Hill et al. 2000; Nilsson et al. 2010; Dhoubhadel et al. 2014).

Während verkalkte Perlatoren zwar unter Verdacht stehen Kontaminationen zu begünstigen, fehlen bisher Untersuchungen zur Ergründung eines kausalen Zusammenhangs. Prinzipiell weisen verkalkte Perlatoren eine vergrößerte und rauere Oberfläche auf, die das Anheften von Keimen begünstigen könnte. Weiterhin sind die im kalkhaltigen Milieu vorkommenden Calciumionen positiv geladen und könnten daher eine Besiedelung mit den vorwiegend negativ

geladenen Bakterien erleichtern. Beide Faktoren könnten eine Biofilmbildung begünstigen (Capdeville et al. 1992).

Zudem könnten die Kalkablagerungen eine Art Mikrokavität für Bakterien und insbesondere Legionellen bilden, in welcher sie zusätzlich vor dem Ausspülen und vor Desinfektionsmaßnahmen geschützt wären. Nach Beendigung einer Desinfektionsmaßnahme könnten diese dann potenziell weiterwachsen und das Wasser, ausgehend vom Kalk als infektiöses Reservoir, wiederbesiedeln (De Baat Doelman 2012).

Neben den oben genannten physikalischen Effekten wäre auch ein Einfluss der Verkalkung auf den Stoffwechsel der Mikroorganismen denkbar. Kalkablagerungen bestehen maßgeblich aus Calciumcarbonat, einer anorganischen Verbindung, und sind damit ein nährstoffarmes Medium. Daher könnte eine zu starke Verkalkung zu einer Wachstumsinhibition führen und damit vor einer verstärkten Besiedelung durch potenziell pathogene Keime schützen. Auch eine Biofilmbildung könnte hierdurch erschwert werden. Die Vielzahl verschiedener, zum Teil gegensätzlicher Effekte legt nahe, dass in der Theorie kein eindeutiger, allgemeiner Zusammenhang zwischen Verkalkungsgrad und Keimlast existiert. Da verschiedene Familien von Mikroorganismen sich in ihren optimalen Bedingungen und Wachstumseigenschaften unterscheiden, ist davon auszugehen, dass jeweils ein individueller Einfluss des Kalks auf die Keimlast besteht.

Beim Vergleich der Gesamtkeimlast gab es weder bei Abstrichen noch bei Wasserproben einen signifikanten Unterschied zwischen den drei verschiedenen Verkalkungsgraden der Perlatoren. *Die Ergebnisse dieser Studie legen also nahe, dass kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Verkalkungsgrad und der Keimlast der Perlatoren existiert.* Somit ist nach dieser Datenlage nicht von einem größeren Gefahrenpotential aufgrund einer größeren Inokulationsmenge durch Keime an verkalkten Perlatoren auszugehen.

Die verschiedenen Keimgruppen fanden sich mit Ausnahme der Sprosspilze, die insgesamt nur zweimal nachgewiesen wurden, in den Proben von Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade. *Das Keimspektrum ist also an den unterschiedlich verkalkten Perlatoren ebenfalls einheitlich.* An den Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade stellten die *Sphingomonadaceae* gefolgt von den *Caulobacteraceae* die am häufigsten nachgewiesenen Keimgruppe dar. Weiterhin wurde für die *Sphingomonadaceae* für alle Verkalkungsgrade die größte Keimlast ermittelt. *Somit konnte auch beim vorhandenen Keimspektrum, sowohl hinsichtlich der Nachweishäufigkeit als auch der Keimlast, an den Perlatoren kein relevanter Unterschied zwischen den drei Verkalkungsgraden festgestellt werden.*

Um abschätzen zu können, ob die an den Perlatoren vorhandenen Spezies auch im Rahmen der Infektionsdiagnostik der UMR-Patienten nachgewiesen werden, wurde das Keimspektrum der Perlatoren mit dem der im Rahmen der UMR Surveillance 2015 erfassten Keimnachweise verglichen.

Auch für potenziell pathogene Mikroorganismen konnte in dieser Studie kein Zusammenhang mit dem Verkalkungsgrad festgestellt werden. Insgesamt konnten nur drei der über 100 verschiedenen an den Perlatorabstrichen oder in den Wasserproben nachgewiesenen Mikroorganismen den zehn häufigsten im Rahmen der Surveillance 2015 an der UMR nachgewiesenen Keimen zugeordnet werden. Dies gilt für *Candida glabrata*, *Staphylococcus aureus* und *Staphylococcus epidermidis*.

Candida glabrata und *Staphylococcus aureus* wurden jeweils nur ein einziges Mal am Abstrich eines stark bzw. mittelgradig verkalkten Perlators gefunden und waren wahrscheinlich durch externe Kontamination an den Perlator gelangt, da sie menschliche Kommensale (*Candida glabrata* des Darms und *Staphylococcus aureus* der Haut) und keine typischen Wasserkeime sind.

Häufiger und damit interessanter für die Aussage zu einem potenziellen Zusammenhang zwischen Verkalkungsgrad und dem Auftreten potenziell pathogener Keime ist aufgrund des häufigeren Nachweises *Staphylococcus epidermidis*. Er wurde an insgesamt 17 Abstrichen und in 11 Wasserproben gefunden. Er ist ein kommensaler Hautkeim, der zur Biofilmbildung neigt, und häufiger Verursacher von katheterassoziierten nosokomialen Infektionen. Bei *Staphylococcus epidermidis* handelt es sich somit nicht um einen typischen Wasserkeim, sondern um einen Keim der physiologischen Hautflora des Menschen. Daher ist eine externe Kontamination der Perlatoren durch Patienten und Personal die wahrscheinlichste Ursache für den häufigen Nachweis. Zudem wurde er an Proben aller drei Verkalkungsgrade nachgewiesen, am häufigsten bei Abstrichen der nicht/leichtgradig verkalkten Perlatoren, sodass eine verstärkte Infektionsgefahr durch *Staphylococcus epidermidis* aufgrund der Verkalkung unwahrscheinlich ist.

Die Keime, die im Rahmen dieser Studie gefunden wurden, können grob in Wasserkeime und menschliche Kommensale unterteilt werden.

Wasserkeime sind primär für Patienten aus Hochrisikobereichen gefährlich. Dies gilt insbesondere für immunsupprimierte Patienten beispielsweise aus der Hämatonkologie oder aus Zentren für Schwerstverbrannte (Vonberg und Graf 2012).

Zur Bewertung der Relevanz der gefundenen Keime für nosokomiale Infekte wurde ein Übersichtsartikel von Ferranti et al. aus dem Jahr 2014 herangezogen.

Ferranti et al. analysierten die Anzahl der zwischen 1990 und 2012 publizierten Fallberichte in PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/>) und der Outbreak Database (<http://www.outbreak-database.com>) über Einzelfälle und Ausbrüche von nosokomialen Infekten, welche im Zusammenhang mit dem Kontakt zu Wasser standen. Im Folgenden werden in diesem Abschnitt die Keimfamilien, die als Auslöser wasserassoziierter nosokomialer Infekte gelten, über die laut o.g. Übersichtsartikel am häufigsten berichtet wurde, verglichen mit den Keimen, die im Rahmen dieser Studie nachgewiesen wurden.

Mit 48 von 125 Fallberichten befassten sich die meisten mit Infektionen durch das Bakterium *Legionella pneumophila*, welches im Rahmen dieser Studie nur ein einziges Mal in einer Wasserprobe nachgewiesen wurde. Während *Legionella pneumophila* häufig in Wasserproben nachgewiesen wird, führt dieser Keim jedoch selten zu Infektionen. So gab es im Jahr 2015 an der UMR keine solche Infektion. Die in dieser Studie angewandten Kulturbedingungen waren für Legionellen nicht optimal, weil sie gewöhnlich auf Kohle-Hefe-Agar kultiviert werden. Dies war insofern gewollt, da regelmäßige Kontrollen auf Legionellen in Deutschland ohnehin vorgeschrieben sind.

28 Mal und damit am zweithäufigsten wurden laut Ferranti et al. nosokomiale Infektionen, welche im Zusammenhang mit dem Kontakt zu Wasser standen durch die *Pseudomonadaceae* in der Literatur beschrieben. Zumeist handelte es sich um Infektionen durch *Pseudomonas aeruginosa*, welcher im Rahmen dieser Studie nicht nachgewiesen wurde. Allerdings wurden andere Mitglieder der Familie, wie beispielsweise *P. putida* und *P. stutzeri*, gefunden. Diese können in seltenen Fällen ebenfalls zu Infektionen führen (Aumeran et al. 2007; Shalabi et al. 2017).

Die dritthäufigste Keimfamilie als Auslöser wasserassoziierter nosokomialer Infekte, über welche es 16 Fallberichte laut o.g. Übersichtsartikel gab, war die Familie der *Burkholderiaceae*. Im Rahmen dieser Studie konnten zwar Mitglieder dieser Familie gefunden werden, die selten zu Infektionen führen können (Zanotti et al. 2019). Es handelte sich dabei jedoch weder um *Burkholderia cepacia* noch *Pseudomonas pickettii*, welche die häufigsten Auslöser von nosokomialen Infektionen dieser Familie sind.

Wasserassozierte nosokomiale Infektionen durch atypische Mykobakterien, von denen einige Spezies im Wasser anzutreffen sind, wurden laut Ferranti et al. in neun Fallberichten beschrieben. Diese wurden in seltenen Fällen auch im Rahmen dieser Studie nachgewiesen. Infektionen durch *Enterobacterales* wurden in sieben Fallberichten beschrieben. Sie wurden

auch im Rahmen dieser Studie in einigen Abstrichen und Wasserproben nachgewiesen. Dies ist am ehesten auf eine mögliche Kontamination von außen, etwa durch verschmutzte Patienten- oder Personalthände nach Fäkalkontakt, zurückzuführen. Eine generelle Verunreinigung des Trinkwassers durch *Enterobacterales* ist eher unwahrscheinlich und wäre im Rahmen der Trinkwasseruntersuchungen aufgefallen.

Schlussendlich wurden die laut Ferranti et al. oben aufgeführten, fünf häufigsten in Fallberichten publizierten Nasskeime als Auslöser von nosokomialen Infekten in dieser Studie nur in Einzelfällen nachgewiesen.

Neben diesen fünf gibt es noch einige Keim-Familien, über die nur vereinzelt Fallberichte gefunden wurden. Dies betrifft in absteigender Häufigkeit der analysierten Fallberichte: die *Sphingomonadaceae*, die *Moraxellaceae* und die *Xanthomonadaceae* mit jeweils vier Fallberichten, die *Flavobacteriaceae* und andere gramnegative Erreger mit jeweils drei Fallberichten, sowie die *Aeromonadaceae* mit zwei und die *Campylobacteraceae* mit einem Fallbericht. Im Krankenhausalltag spielen diese also nur gelegentlich als Erreger nosokomialer Infekte eine Rolle (Ferranti et al. 2014).

Am häufigsten wurden in dieser Studie die *Sphingomonadaceae* aus Abstrichen und Wasserproben aller drei Verkalkungsgrade identifiziert. *Sphingomonadaceae* fanden sich unabhängig vom Verkalkungsgrad an 66/90 Abstrichen und in 76/90 Wasserproben, dabei handelte es sich zumeist um *Sphingomonas paucimobilis*. Im Rahmen der Surveillance an der UMR wurden 2015 sieben Nachweise von *Sphingomonas paucimobilis* beschrieben. Andere *Sphingomonadaceae* wurden nicht nachgewiesen. Demnach handelt es sich beim Nachweis von *S. paucimobilis* aus Patientenmaterialien eher um Einzelfälle. Die Relevanz dieser Keime für die Übertragung von Perlatoren auf Menschen ist generell, zumindest gemessen an den Nachweiszahlen von *S. paucimobilis*-Infektionen bei Patienten, als gering einzuschätzen. Es besteht jedoch insbesondere für Immunsupprimierte ein Infektionsrisiko (Hardjo Lugito et al. 2016).

Häufiger erfolgte im Rahmen der Surveillance der Nachweis von *Acinetobacter* sp. sine *A. baumannii*. Diese Keimgruppe wurde 60 Mal in Proben von Patienten der UMR nachgewiesen. Der Nachweis in dieser Studie erfolgte in 15 Wasserproben und an 8 Abstrichen. Nachgewiesen wurden *A. ursingii*, *A. lwoffii*, *A. junii* und *A. haemolyticus*. Allein 34 Nachweise aus Patientenproben der UMR entfielen auf *A. lwoffii*. Dieser Keim gehört zur normalen Flora von Haut, Oropharynx oder Perineum des Menschen. Demnach ist eine Kontamination der Perlatoren durch die Patientenflora denkbar. Das Bakterium kann zu Katheter-assoziierten

Infektionen führen (Ku et al. 2000). Auch andere der o.g. *Acinetobacter* Spezies können selten zu Infektionen führen (Cayô et al. 2011).

Andere im Rahmen dieser Studie häufig nachgewiesene Bakterien waren *Bacillus* spp. sine *B. cereus*, *Brevundimonas* spp., *Comamonas testosteroni*, *Micrococcus* spp., *Paenibacillus* spp. und *Sphingobacterium* spp. Für alle diese Keime finden sich Berichte in der Literatur, dass sie in seltenen Fällen zu Infektionen führen können, insbesondere bei Immunsupprimierten (Miltiadous und Elisaf 2011; Tsui et al. 2011; Jeon et al. 2012; Singh und Bhatia 2015; Hibi und Kumano 2017; Szaniawski und Spivak 2019). Im Rahmen der Surveillance an der UMR wurden all diese Keime weniger als 20 Mal in Patientenmaterialien nachgewiesen. Dies suggeriert, dass das Infektionsrisiko eher als gering einzuschätzen ist.

Die meisten der im Rahmen dieser Studie gefundenen Mikroorganismen waren Bakterien. In einigen Fällen wurden jedoch auch Schlauchpilze der Familie *Fusarium* spp. festgestellt. Diese führen zwar nur äußerst selten und nur bei Immunsupprimierten zu Infektionen, verlaufen dann jedoch häufig letal (Letscher-Bru et al. 2002; García-Ruiz et al. 2015). Der Nachweis erfolgte insgesamt elf Mal an Abstrichen und aus acht Wasserproben aller drei Verkalkungsgrade. Dabei ist am ehesten von einer Umgebungskontamination auszugehen.

Die erhobenen Daten belegen, dass eine zunehmende Gefährdung von Patienten durch einen zunehmenden Verkalkungsgrad der Perlatoren weder hinsichtlich der Keimlast noch der vorkommenden Mikroorganismen zu erwarten ist. Eine potenzielle Gefährdung durch kontaminierte Perlatoren im Allgemeinen kann hingegen nicht ausgeschlossen werden. Dies gilt insbesondere für Hochrisikobereiche.

Der Vergleich der Keimlast in den medizinischen Einrichtungen legt einen Einfluss des Abnahmeorts und nicht des Verkalkungsgrads nahe. So wurden beispielsweise sowohl in der medizinischen Einrichtung mit der im Mittel größten Keimlast, der HNO, als auch in der medizinischen Einrichtung mit der gemittelt geringsten Keimlast, der Pädiatrie, überwiegend mittelgradig und stark verkalkte Perlatoren gefunden.

Die Keimlast der einzelnen Einrichtungen zeigte teils erhebliche Größenunterschiede. Weiterhin traten einzelne Mikroorganismen nur in bestimmten Einrichtungen auf. Die UMR ist auf mehrere Gebäude aufgeteilt. Alle Gebäude werden von den EURAWASSER Wasserwerken Rostock mit Wasser versorgt. Allerdings speisen die Wasserwerke das Wasser an unterschiedlichen Stellen ein. Somit ist eine unterschiedliche mikrobielle Kontamination der Einspeiseorte als Ursache verschiedener Keimspektren nicht auszuschließen. Die Proben wurden an drei verschiedenen Standorten genommen. Diese liegen über das Stadtgebiet

Rostocks verteilt. Daher könnten durchaus die Leitungen ein Grund für die Unterschiede sein. Darüber hinaus unterscheiden sich die Standorte auch im Hinblick auf das Alter der Gebäude und den Sanierungszustand. Allerdings wurde auch ein deutlicher Unterschied der Keimlast medizinischer Einrichtungen wie der HNO und der Ophthalmologie festgestellt, obwohl sie sich in benachbarten Gebäuden vergleichbaren Alters befinden. Dies spricht für den Einfluss weiterer Faktoren.

Narui et al. (2009) untersuchten von 2002 bis 2005 die Veränderungen der bakteriellen Besiedelung eines neu eröffneten Krankenhauses. Acht Monate nach Eröffnung stellten sie eine Veränderung der mikrobiellen Besiedelung der Waschbecken fest, welche zuvor konstant gewesen war. Die Veränderung wurde auf den Transfer von Personal und Patienten vom alten in das neue Gebäude zurückgeführt. Die Studie zeigte, dass Veränderungen in der mikrobiellen Besiedelung eines Krankenhauses eng mit der menschlichen Präsenz zusammenhängen.

Ein Einfluss des Alters des Klinikgebäudes auf die mikrobielle Kolonisation des Waschbeckens und somit auch auf den Perlator ist daher als gering einzuschätzen. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass eine unterschiedliche Besiedelung von Waschbecken direkt mit dem dortigen Personal, den verschiedenen Patientengruppen sowie den bei ihnen durchgeführten Eingriffen zusammenhängt.

Abschließend lässt sich festhalten, dass in dieser Studie statistisch kein Unterschied der gefundenen Keimlast zwischen den verschiedenen Verkalkungsgraden der Perlatoren festgestellt werden konnte. Eine ätiologische Relevanz der gefundenen Keime – gemessen am im Rahmen der Infektionsdiagnostik gefundenen Keimspektrum der UMR Patienten – ist als fraglich anzusehen. Die Keime gelangten vermutlich durch Kontamination von außen durch die Umwelt oder den Patienten oder, im Fall der Nasskeime, von innen durch das Leitungswasser an die Perlatoren. Ein gewisses Risiko der Infektion, ausgehend von kontaminierten Perlatoren im Allgemeinen, ist insbesondere für Immunsupprimierte nicht auszuschließen. Es sind daher zusätzliche Maßnahmen in Hochrisikobereichen, wie besondere Wasserfilteranlagen und eine regelmäßige Reinigung von Becken und Hähnen anzuraten. Eine regelmäßige Entkalkung der Perlatoren ist nach Datenlage dieser Studie nicht notwendig.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Verkalkte Perlatoren werden als potenzielle Infektionsquellen angesehen und bei Stationsbegehungen durch das Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern regelmäßig als potenzielle Quellen für Mikroorganismen und somit Infektionen beanstandet. Bisher gibt es jedoch keinen wissenschaftlichen Nachweis, dass der Verkalkungsgrad von Perlatoren tatsächlich im Zusammenhang mit einem vermehrten Wachstum von Keimen im Allgemeinen und insbesondere pathogener Spezies steht.

Im Rahmen dieser Promotionsarbeit wurden Perlatoren unterschiedlicher Verkalkungsgrade innerhalb der UMR auf ihr Keimspektrum und ihre Keimlast untersucht. Dabei wurden insgesamt 90 Perlatoren identifiziert, welche repräsentativ für drei unterschiedliche Verkalkungsgrade sind und Stichproben aus den verschiedenen medizinischen Einrichtungen der UMR darstellen. Von jedem Perlator wurden ein Abstrich und eine Wasserprobe Erststrahlwasser genommen. Anschließend wurde sowohl das Keimspektrum der Proben als auch die Menge der nachgewiesenen Mikroorganismen bestimmt.

Es konnte gezeigt werden, dass die Keimlast an den unterschiedlich stark verkalkten Perlatoren nicht in statistisch relevantem Umfang variiert. Die Hypothese, dass an einem verkalkten Perlator mehr Keime wachsen als an einem unverkalkten, konnte somit nicht bestätigt werden. Auch nach Gruppierung der nachgewiesenen Keimspezies zeigten sich dieselben Keimgruppen sowohl quantitativ als auch qualitativ an Perlatoren aller drei Verkalkungsgrade.

Verglichen mit den Surveillance-Daten der UMR aus dem Jahr 2015, in die sämtliche im Rahmen der regulären Infektionsdiagnostik von Patienten kulturell nachgewiesenen Keime einfließen, konnte keine potenziell eindeutige Assoziation zu den verkalkten Perlatoren belegt werden. Insgesamt wurden nur drei der zehn häufigsten an der UMR nachgewiesenen Keime an Perlatoren nachgewiesen und von diesen nur *Staphylococcus epidermidis* häufiger als einmal. Dieser Keim wurde zudem am häufigsten in der Gruppe der nicht / leichtgradig verkalkten Perlatoren nachgewiesen.

Die im Rahmen dieser Studie häufig nachgewiesenen Keime können erwiesenermaßen zu Infektionen insbesondere bei Immunsupprimierten führen. Allerdings wurden diese Keime nicht häufiger an mittelgradig bzw. stark verkalkten als an nicht oder nur leichtgradig verkalkten Perlatoren nachgewiesen. Viele der gefundenen Mikroorganismen waren kommensale Hautkeime oder typische Wasserkeime. Ihr Auffinden an einem Perlator war somit zu erwarten. Daher ist in Hochrisikobereichen generell ein aufmerksamer Umgang mit Perlatoren, ob nun verkalkt oder nicht, geboten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass anhand der erhobenen Daten - in Bezug auf die Gesamtkeimlast - zwischen unterschiedlich stark verkalkten Perlatoren kein statistisch signifikanter Unterschied besteht und das Keimspektrum von der Zusammensetzung her nicht wesentlich variiert. Möglicherweise könnte eine längere Bebrütungsdauer oder ein anaerober Bebrütungsansatz weitere Keime identifizieren. Die somit erfassbaren Erreger scheinen allerdings aufgrund der Datenlage zu Wasser-assoziierten nosokomialen Infektionen eine untergeordnete Rolle zu spielen.

6 Literaturverzeichnis

- Anaïssie E., Penzak S., Dignani CM (2002): The Hospital Water Supply as a Source of Nosocomial Infections. *Arch Intern Med* 162, 1483–1492
- Aumeran C, Paillard C, Robin F, et al. (2007): *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas putida* outbreak associated with contaminated water outlets in an oncohaematology paediatric unit. *J Hosp Infect* 65, 47–53
- Avci M, Ozgenc O, Coskuner SA, et al. (2012): Hospital acquired infections (HAI) in the elderly: Comparison with the younger patients. *Arch Gerontol Geriatr* 54, 247–250
- Bojer MS, Struve C, Ingmer H, et al. (2010): Heat resistance mediated by a new plasmid encoded Clp ATPase, ClpK, as a possible novel mechanism for nosocomial persistence of *Klebsiella pneumoniae*. *PLoS One* 5, 1–9
- Boll EJ, Frimodt-Møller J, Olesen B, et al. (2016): Heat resistance in extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* may favor environmental survival in a hospital setting. *Res Microbiol* 1–5
- Capdeville B, Nguyen KM, Rols JL: Biofilm Modelling: structural, reactional and diffusional aspects; in: *Biofilms – Science and Technology*, Band 223, Series E; hrsg. v. Melo LF, Bott TR, Fletcher M, et al.; Springer, Berlin 1992, 251–276
- Cayô R, Yañez San Segundo L, Pérez Del Molino Bernal IC, et al. (2011): Bloodstream infection caused by *Acinetobacter junii* in a patient with acute lymphoblastic leukaemia after allogenic haematopoietic cell transplantation. *J Med Microbiol* 60, 375–377
- Cheng Z, Meng. X, Wang H, et al. (2014): Isolation and characterization of broad spectrum coaggregating bacteria from different water systems for potential use in bioaugmentation. *PLoS One* 9, 1–8
- Le Chevallier MW, Babcock TM, Lee RG (1987): Examination and characterization of distribution system biofilms. *Appl Environ Microbiol* 53, 2714–2724
- Dhoubhadel BG, Yasunami M, Nguyen HAT, et al. (2014): Bacterial load of pneumococcal serotypes correlates with their prevalence and multiple serotypes is associated with acute respiratory infections among children less than 5 years of age. *PLoS One* 9, 1–8
- Engelhart ST, Krizek L, Glasmacher A, et al. (2002): *Pseudomonas aeruginosa* outbreak in a haematology-oncology unit associated with contaminated surface cleaning equipment. *J Hosp Infect* 52, 93–98
- Falkinham JO, Pruden A, Edwards M (2015): Opportunistic Premise Plumbing Pathogens: Increasingly Important Pathogens in Drinking Water. *Pathogens* 4, 373–386

- Ferranti G, Marchesi I, Favale M, et al. (2014): Aetiology, source and prevention of waterborne healthcare-associated infections: A review. *J Med Microbiol* 63, 1247–1259
- Gajdács M, Urbán E (2019): Epidemiological Trends and Resistance Associated with *Stenotrophomonas maltophilia* Bacteremia: A 10-Year Retrospective Cohort Study in a Tertiary-Care Hospital in Hungary. *Diseases* 7, 1–13
- García-Ruiz JC, Olazábal I, Adán Pedroso RM, et al. (2015): Disseminated fusariosis and hematologic malignancies, a still devastating association. Report of three new cases. *Rev Iberoam Micol* 32, 190–196
- Gastmeier P, Schwab F, Bärwolff S, et al. (2006): Correlation between the genetic diversity of nosocomial pathogens and their survival time in intensive care units. *J Hosp Infect* 62, 181–186
- Geffers C, Gastmeier P, Rüden H (2002): Nosokomiale Infektionen. *Gesundheitsberichterstattung des Bundes* 8, 1–18
- Hardjo Lugito NP, Cucunawangsih, Kurniawan A (2016): A Lethal Case of *Sphingomonas paucimobilis* Bacteremia in an Immunocompromised Patient. *Case Rep Infect Dis* 1–4
- Hibi A, Kumano Y (2017): *Sphingobacterium spiritivorum* bacteremia due to cellulitis in an elderly man with chronic obstructive pulmonary disease and congestive heart failure : a case report. *J Med Case Rep* 11, 1–5
- Hill AT, Campbell EJ, Hill SL, et al. (2000): Association between airway bacterial load and markers of airway inflammation in patients with stable chronic bronchitis. *Am J Med* 109, 288–295
- Hoebe CJP, Cluitmans JJM, Wagenvoort JHT (1998): Two Fatal Cases of Nosocomial *Legionella pneumophila* Pneumonia Associated with a Contaminated Cold Water Supply. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 17, 740–749
- Hornberg C, Koller A, Kipp F, et al. (2001): Häufigkeit und Erfassung nosokomialer Infektionen in der Technischen Orthopädie. *Orthopäde* 30, 176–181
- Hughes JM (1988): Study on the efficacy of nosocomial infection control (SENIC Project): results and implications for the future. *Chemotherapy* 34, 553–61
- Jeon Y La, Yang JJ, Kim MJ, et al. (2012): Case Report Combined *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* infection in a patient with oesophageal perforation. *J Med Microbiol* 61, 1766–1769
- Kappstein I, Grundmann H, Hauer T, et al. (2000): Aerators as a reservoir of *Acinetobacter junii*: An outbreak of bacteraemia in paediatric oncology patients. *J Hosp Infect* 44, 27–30
- Klevens RM, Edwards JR, Richards Jr. CL, et al. (2007): Estimating health care-associated

- infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. Public Health Rep 122, 160–166
- Ku SC, Hsueh PR, Yang PC, et al. (2000): Clinical and Microbiological Characteristics of Bacteremia Caused by *Acinetobacter lwoffii*. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 19, 501–505
- Länder-Arbeitskreis zur Erstellung von Hygieneplänen: Rahmen-Hygieneplan für Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen. 2003
- Letscher-Bru V, Campos F, Waller J, et al. (2002): Successful Outcome of Treatment of a Disseminated Infection Due to *Fusarium dimerum* in a Leukemia Patient. J Clin Microbiol 40, 1100–1102
- Li C, Li Y, Cheng X, et al. (2013): Immobilization of *Rhodococcus rhodochrous* BX2 (an acetonitrile-degrading bacterium) with biofilm-forming bacteria for wastewater treatment. Bioresour Technol 131, 390–396
- Lowry PW, Blankenship RJ, Gridley W, et al. (1991): A cluster of *Legionella* sternal Wound Infection due to postoperative topical exposure to contaminated tap water. N Engl J Med 324, 109–113
- Miltiados G, Elisaf M (2011): Native valve endocarditis due to *Micrococcus luteus*: a case report and review of the literature. J Med Case Rep 5, 1–3
- Muder RR, Harris AP, Muller S, et al. (1996): Bacteremia due to *Stenotrophomonas* (*Xanthomonas*) *maltophilia*: a prospective, multicenter study of 91 episodes. Clin Infect Dis 22, 508–512
- Narui K, Noguchi N, Matsunaga N, et al. (2009): Change in environmental bacterial flora in a new hospital building. J Hosp Infect 73, 24–33
- Nationales Referenzzentrum für die Surveillance von nosokomialen Infektionen Deutsche nationale Punkt-Prävalenzerhebung zu nosokomialen Infektionen und Antibiotika-Anwendung 2016 Abschlussbericht. 2016
- Nilsson AC, Björkman P, Welinder-Olsson C, et al. (2010): Clinical severity of *Mycoplasma pneumoniae* (MP) infection is associated with bacterial load in oropharyngeal secretions but not with MP genotype. BMC Infect Dis 10, 1–8
- Perola O, Nousiainen T, Suomalainen S, et al. (2002): Recurrent *Sphingomonas paucimobilis*-bacteraemia associated with a multi-bacterial water-borne epidemic among neutropenic patients. J Hosp Infect 50, 196–201
- Pincus DH (2006): Microbial identification using the bioMérieux VITEK® 2 system. Encycl Rapid Microbiol Methods - Vol 2 1–32
- Probst A, Facius R, Wirth R, et al. (2010): Validation of a nylon-flocked-swab protocol for efficient recovery of bacterial spores from smooth and rough surfaces. Appl Environ

- Microbiol 76, 5148–5158
- Pronovost P, Needham D, Berenholtz S, et al. (2006): An Intervention to Decrease Catheter-Related Bloodstream Infections in the ICU. *N Engl J Med* 355, 2725–2732
- Roberts RR, Scott II RD, Cordell R, et al. (2003): The Use of Economic Modeling to Determine the Hospital Costs Associated with Nosocomial Infections. *Clin Infect Dis* 36, 1424–1432
- Saavedra CH, Ordóñez KM, Díaz JA (2015): Impacto de la infección nosocomial en un hospital de Bogotá (Colombia): efectos en mortalidad y costos. *Rev Chil infectología* 32, 25–29
- Schaad UB (1983): Which number of infecting bacteria is of clinical relevance? *Infection* 11, 87–89
- Schubert S, Wieser A (2011): Einsatz der Matrix-Assisted Laser Desorption/ionisation-Time of Flight Massenspektrometrie (MALDI-TOF MS) in der mikrobiologischen Routinediagnostik. *Journal Lab Med* 35, 195–203
- Senol E, DesJardin J, Stark PC, et al. (2002): Attributable mortality of *Stenotrophomonas maltophilia* bacteremia. *Clin Infect Dis* 34, 1653–6
- Shalabi A, Ehrlich T, Schäfers H, et al. (2017): Infective endocarditis caused by *Pseudomonas stutzeri* in a patient with Marfan syndrome : Case report and brief literature review. *IDCases* 10, 22–25
- Singh S, Bhatia B (2015): *Brevundimonas* Septicemia: A Rare Infection with Rare Presentation. *Indian Pediatr* 52, 901
- Statistisches Bundesamt Bevölkerung im Wandel Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. 2019
- Szaniawski MA, Spivak AM (2019): Recurrent *Paenibacillus* infection. *Oxford Med Case Reports* 2019, 216–218
- Trinkwasserverordnung 2018: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 3. Januar 2018 (BGBl. I S. 99) geändert worden ist.
- Tsui T, Tsao S, Liu K, et al. (2011): *Comamonas testosteroni* infection in Taiwan : Reported two cases and literature review. *J Microbiol Immunol Infect* 44, 67–71
- Verweij PE, Meis JFGM, Christmann V, et al. (1998): Nosocomial outbreak of colonization and infection with *Stenotrophomonas maltophilia* in preterm infants associated with contaminated tap water. *Epidemiol Infect* 120, 251–256
- Vilain S, Pretorius JM, Theron J, et al. (2009): DNA as an Adhesin : *Bacillus cereus* Requires Extracellular DNA To Form Biofilms. *Appl Environ Microbiol* 75, 2861–2868

- Vonberg R, Graf K: Prävention von Bakterien- und Viruserkrankungen; in: Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie; hrsg. v. Suerbaum S, Hahn H, Kaufmann G-D, et al.; Springer, Berlin 2012, 157–163
- Voss A, Verweij PE (1999): Faucet Aerators: A Source of Patient Colonization with *Stenotrophomonas maltophilia*. *Am J Infect Control* 27, 459–460
- Walger P, Popp W, Exner M (2013): Stellungnahme der DGKH zu Prävalenz, Letalität und Präventionspotenzial nosokomialer Infektionen in Deutschland 2013. *Hyg Medizin* 38, 329–338
- Walker J, Moore G (2015): *Pseudomonas aeruginosa* in hospital water systems: Biofilms, guidelines, and practicalities. *J Hosp Infect* 89, 324–327
- Walker JT, Jhutti A, Parks S, et al. (2014): Investigation of healthcare-acquired infections associated with *Pseudomonas aeruginosa* biofilms in taps in neonatal units in Northern Ireland. *J Hosp Infect* 86, 16–23
- Warnke P, Frickmann H, Ottl P, et al. (2014a): Nasal screening for MRSA: Different swabs - Different results! *PLoS One* 9, 1–8
- Warnke P, Warning L, Podbielski A (2014b): Some are more equal - A comparative study on swab uptake and release of bacterial suspensions. *PLoS One* 9, 1–8
- Weber DJ, Rutala WA, Blanchet CN, et al. (1999): Faucet aerators: A source of patient colonization with *Stenotrophomonas maltophilia*. *Am J Infect Control* 27, 59–63
- WHO- Guidelines for drinking water quality: fourth edition incorporating the first addendum. 2017
- Williams MM, Domingo JWS, Meckes MC, et al. (2004): Phylogenetic diversity of drinking water bacteria in a distribution system simulator. *J Appl Microbiol* 96, 954–964
- Williams MM, Armbruster CR, Arduino MJ (2013): Plumbing of hospital premises is a reservoir for opportunistically pathogenic microorganisms: a review. *Biofouling* 29, 147–162
- Zanotti C, Munari S, Brescia G, et al. (2019): *Burkholderia gladioli* sinonasal infection. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 136, 55–56
- Ziesing S, Heim A, Vonberg R: Methoden der mikrobiologischen Diagnostik; in: Klinische Mikrobiologie und Infektiologie; hrsg. v. Suerbaum S, Hahn H, Burchard G-D, et al.; Springer, Berlin 2009, 131–150
- De Baat Doelman J. <https://www.fmanet.org/blog/2012/12/12/controlling-scale-water-systems-helps-prevent-legionnaires-disease>; Zugriff am 09.11.2019

7 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

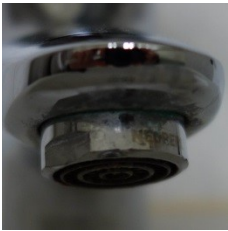
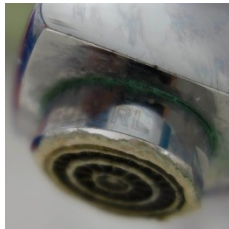
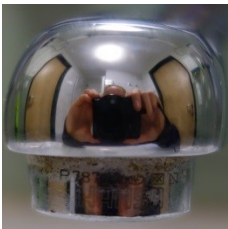
Mannheim, den 30.01.2020

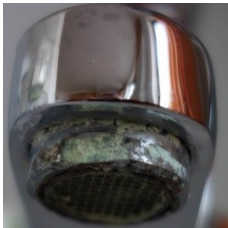
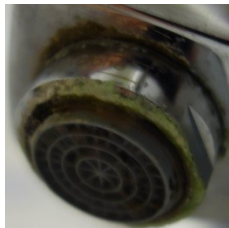
Ina Antonenko

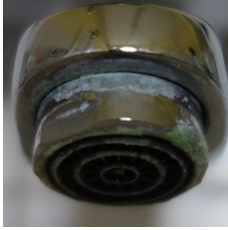
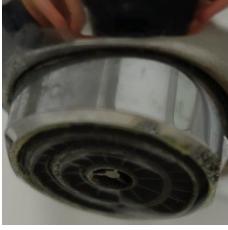
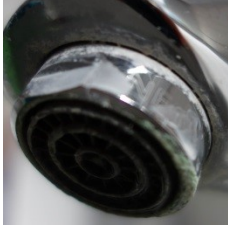
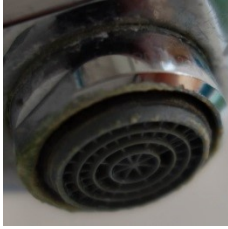
8 Anhang

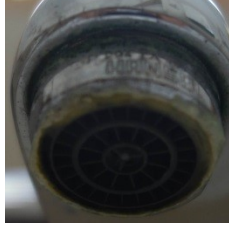
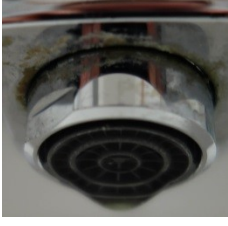
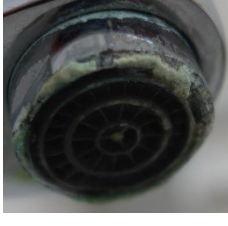
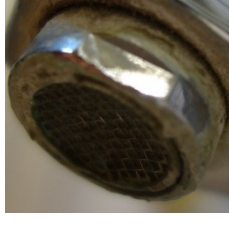
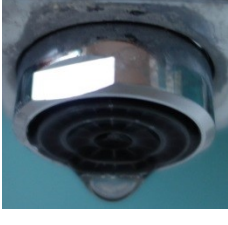
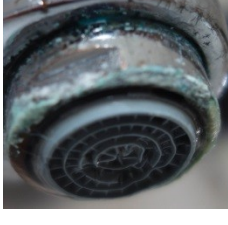
8.1 Fotos der Perlatores, gruppiert nach unterschiedlichen Verkalkungsgraden

Die folgende Tabelle zeigt Fotos der beprobten Perlatores, gruppiert nach Verkalkungsgraden und nummeriert nach Beprobungsreihenfolge.

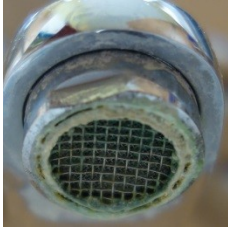
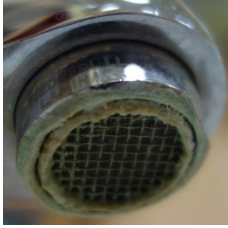
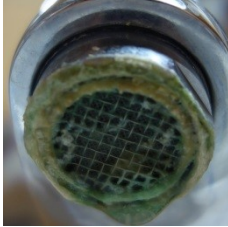
nicht / leichtgradig verkalkte Perlatores	mittelgradig verkalkte Perlatores	stark verkalkte Perlatores
 1	 8	 5
 2	 9	 10
 3	 11	 28
 4	 13	 29
 6	 15	 31

nicht / leichtgradig verkalkte Perlatores	mittelgradig verkalkte Perlatores	stark verkalkte Perlatores
 7	 16	 33
 12	 24	 47
 14	 27	 50
 17	 30	 51
 18	 42	 53
 19	 43	 55

nicht / leichtgradig verkalkte Perlatores		mittelgradig verkalkte Perlatores		stark verkalkte Perlatores	
	20		45		61
	21		48		62
	22		52		64
	23		54		65
	25		56		66
	26		57		67

nicht / leichtgradig verkalkte Perlatores		mittelgradig verkalkte Perlatores		stark verkalkte Perlatores	
	32		58		68
	34		59		69
	35		60		71
	36		63		73
	37		70		76
	38		72		77

nicht / leichtgradig verkalkte Perlatores	mittelgradig verkalkte Perlatores	stark verkalkte Perlatores
 39	 74	 78
 40	 75	 80
 41	 79	 81
 44	 83	 82
 46	 90	 84
 49		 85

nicht / leichtgradig verkalkte Perlatores	mittelgradig verkalkte Perlatores	stark verkalkte Perlatores
 89		 86
		 87
		 88

8.2 Auflistung aller 90 Perlatoren

In der folgenden Tabelle sind alle der insgesamt 90 beprobten Perlatoren in chronologischer Abstrichreihenfolge mit Verkalkungsgrad und Ort der Probennahme aufgeführt.

Nr.	Verkalkungsgrad	Medizinische Einrichtungen
1	nicht / leichtgradig verkalkt	Innere Medizin
2	nicht / leichtgradig verkalkt	Innere Medizin
3	nicht / leichtgradig verkalkt	Innere Medizin
4	nicht / leichtgradig verkalkt	Innere Medizin
5	stark verkalkt	Innere Medizin
6	nicht / leichtgradig verkalkt	Innere Medizin
7	nicht / leichtgradig verkalkt	Innere Medizin
8	mittelgradig verkalkt	Innere Medizin
9	mittelgradig verkalkt	Innere Medizin
10	stark verkalkt	Innere Medizin
11	mittelgradig verkalkt	Innere Medizin
12	nicht / leichtgradig verkalkt	Innere Medizin
13	mittelgradig verkalkt	Innere Medizin
14	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
15	mittelgradig verkalkt	Chirurgie
16	mittelgradig verkalkt	Chirurgie
17	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
18	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
19	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
20	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
21	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
22	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
23	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
24	mittelgradig verkalkt	Chirurgie
25	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
26	nicht / leichtgradig verkalkt	Chirurgie
27	mittelgradig verkalkt	Neurologie
28	stark verkalkt	Neurologie
29	stark verkalkt	Neurologie
30	mittelgradig verkalkt	Neurologie
31	stark verkalkt	Neurologie
32	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
33	stark verkalkt	Neurologie
34	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
35	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
36	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
37	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
38	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
39	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
40	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
41	nicht / leichtgradig verkalkt	Neurologie
42	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
43	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
44	nicht / leichtgradig verkalkt	Orthopädie
45	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
46	nicht / leichtgradig verkalkt	Orthopädie
47	stark verkalkt	Orthopädie
48	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
49	nicht / leichtgradig verkalkt	Orthopädie
50	stark verkalkt	Orthopädie
51	stark verkalkt	HNO
52	mittelgradig verkalkt	HNO
53	stark verkalkt	HNO

Nr.	Verkalkungsgrad	Medizinische Einrichtungen
54	mittelgradig verkalkt	HNO
55	stark verkalkt	HNO
56	mittelgradig verkalkt	HNO
57	mittelgradig verkalkt	HNO
58	mittelgradig verkalkt	HNO
59	mittelgradig verkalkt	HNO
60	mittelgradig verkalkt	HNO
61	stark verkalkt	Ophthalmologie
62	stark verkalkt	Ophthalmologie
63	mittelgradig verkalkt	Ophthalmologie
64	stark verkalkt	Ophthalmologie
65	stark verkalkt	Ophthalmologie
66	stark verkalkt	Ophthalmologie
67	stark verkalkt	Ophthalmologie
68	stark verkalkt	Orthopädie
69	stark verkalkt	Orthopädie
70	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
71	stark verkalkt	Orthopädie
72	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
73	stark verkalkt	Orthopädie
74	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
75	mittelgradig verkalkt	Orthopädie
76	stark verkalkt	Chirurgie
77	stark verkalkt	Chirurgie
78	stark verkalkt	Chirurgie
79	mittelgradig verkalkt	Chirurgie
80	stark verkalkt	Chirurgie
81	stark verkalkt	Pädiatrie
82	stark verkalkt	Pädiatrie
83	mittelgradig verkalkt	Pädiatrie
84	stark verkalkt	Pädiatrie
85	stark verkalkt	Pädiatrie
86	stark verkalkt	Pädiatrie
87	stark verkalkt	Pädiatrie
88	stark verkalkt	Pädiatrie
89	nicht / leichtgradig verkalkt	Pädiatrie
90	mittelgradig verkalkt	Pädiatrie

8.3 Zuordnung der einzelnen Spezies zu den Keimgruppen

Die folgende Tabelle zeigt die Zuordnung aller nachgewiesenen Keime zu den 12 Keimgruppen.

Keimarten	Gruppe
<i>Bacillus</i> spp.	Bacillaceae
<i>Brevundimonas aurantiaca</i>	Caulobacteraceae
<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	Caulobacteraceae
<i>Brachymonas petroleovorans</i>	Comamonadaceae
<i>Comamonas testosteroni</i>	Comamonadaceae
<i>Delftia acidovorans</i>	Comamonadaceae
<i>Citrobacter freundii</i>	Enterobacterales
<i>Morganella morganii</i>	Enterobacterales
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Enterobacterales
<i>Raoultella ornitholytica</i>	Enterobacterales
<i>Yersinia frederiksenii</i>	Enterobacterales
<i>Dermaococcus nishinomiyaensis</i>	Micrococcaceae
<i>Kocuria palustris</i>	Micrococcaceae

Keimarten	Gruppe
<i>Kocuria rosea</i>	<i>Micrococcaceae</i>
<i>Kytococcus sedentarius</i>	<i>Micrococcaceae</i>
<i>Micrococcus luteus</i> / <i>lylae</i>	<i>Micrococcaceae</i>
<i>Rothia dentocariosa</i> / <i>mucilaginoso</i>	<i>Micrococcaceae</i>
<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	Nonfermenter
<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	Nonfermenter
<i>Acinetobacter junii</i>	Nonfermenter
<i>Acinetobacter ursingii</i>	Nonfermenter
<i>Bordetella parapertussis</i>	Nonfermenter
<i>Burkholderia gladioli</i>	Nonfermenter
<i>Legionella pneumophila</i>	Nonfermenter
<i>Moraxella</i> spp.	Nonfermenter
<i>Pseudomonas luteola</i>	Nonfermenter
<i>Pseudomonas oleovorans</i>	Nonfermenter
<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	Nonfermenter
<i>Pseudomonas putida</i>	Nonfermenter
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Nonfermenter
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Nonfermenter
<i>Fusarium</i> spp.	Schlauchpilze
<i>Novosphingobium</i> sp.	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingobium xenophagum</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingomonas adhaesiva</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingomonas ecchinoides</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingomonas mathurensis</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingomonas trueperi</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	<i>Sphingomonadaceae</i>
<i>Candida glabrata</i>	Sprosspilze
<i>Candida guilliermondii</i>	Sprosspilze
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Staphylococcus capitis</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Staphylococcus equorum</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Staphylococcus hominis</i> ssp. <i>Hominis</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Staphylococcus pasteurii</i> / <i>haemolyticus</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Staphylococcus warneri</i>	<i>Staphylococcaceae</i>
<i>Streptococcus anginosus</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Streptococcus constellatus</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Streptococcus gordonii</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Streptococcus infantarius</i> ssp. <i>Coli</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Streptococcus mitis</i> / <i>oralis</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Streptococcus pyogenes</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Streptococcus salivarius</i> ssp. <i>salivaris</i> / <i>vestibularis</i>	<i>Streptococcaceae</i>
<i>Abiotrophia defectiva</i>	Sonstige
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	Sonstige
<i>Actinomyces meyeri</i> / <i>neuii</i>	Sonstige
<i>Aerococcus urinae</i>	Sonstige
<i>Aeromonas salmonicida</i>	Sonstige
<i>Allovalhampfia</i> sp.	Sonstige
<i>Bacteroides uniformis</i>	Sonstige
<i>Bifidobacterium</i> spp.	Sonstige
<i>Chryseobacterium hominis</i>	Sonstige
<i>Chryseobacterium indologenes</i>	Sonstige
<i>Corynebacterium</i> spp.	Sonstige
<i>Cupriavidus pauculus</i>	Sonstige

Keimarten	Gruppe
<i>Dyadobacter fermentans</i>	Sonstige
<i>Empedobacter brevis</i>	Sonstige
<i>Finegoldia magna</i>	Sonstige
<i>Flavobacterium</i> spp.	Sonstige
<i>Gemella haemolysans</i>	Sonstige
<i>Haemophilus haemolyticus</i>	Sonstige
<i>Kingella dentifricans</i>	Sonstige
<i>Lactobacillus</i> spp.	Sonstige
<i>Listeria innocua</i>	Sonstige
<i>Mannheimia haemolytica</i>	Sonstige
<i>Methyloversatilis</i> spp.	Sonstige
<i>Microbacterium flavescens</i>	Sonstige
<i>Mycobacterium kansasii</i>	Sonstige
<i>Neisseria cinerea</i>	Sonstige
<i>Neisseria elongata</i>	Sonstige
<i>Neisseria mucosae</i>	Sonstige
<i>Neisseria zoodegmatidis</i> / <i>animaloris</i>	Sonstige
<i>Ochronobacterium anthropi</i>	Sonstige
<i>Oligella ureolytica</i>	Sonstige
<i>Paenibacillus durus</i>	Sonstige
<i>Paenibacillus peoriae</i>	Sonstige
<i>Pasteurella</i> spp.	Sonstige
<i>Propionibacterium acnes</i>	Sonstige
<i>Roseomonas</i> spp.	Sonstige
<i>Solibacillus</i> spp. / <i>Caryophanon</i> spp.	Sonstige
<i>Sphingobacterium multivorum</i>	Sonstige
<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	Sonstige
<i>Sphingobacterium thalpophilum</i>	Sonstige
<i>Weissella viridescens</i>	Sonstige

8.4 Absolute Nachweishäufigkeit der Keimgruppen

Die folgende Tabelle zeigt den absoluten Nachweis der 12 Keimgruppen an Abstrichen und in Wasserproben der Perlatoren für die drei Verkalkungsgrade.

Keimgruppe	nicht / leichtgradig verkalkt		mittelgradig verkalkt		stark verkalkt	
	Abstriche	Wasserproben	Abstriche	Wasserproben	Abstriche	Wasserproben
<i>Bacillaceae</i>	2	6	2	6	1	8
<i>Caulobacteraceae</i>	11	12	14	17	9	21
<i>Comamonadaceae</i>	3	5	10	11	3	6
<i>Enterobacterales</i>	2	3	1	2	0	3
<i>Micrococcaceae</i>	8	6	5	5	7	5
Nonfermenter	8	14	4	7	8	13
Schlauchpilze	2	2	4	2	5	4
<i>Sphingomonadaceae</i>	20	23	24	26	22	27
Sprosspilze	0	0	1	0	1	0
<i>Staphylococcaceae</i>	10	6	10	3	9	8
<i>Streptococcaceae</i>	6	5	1	2	3	3
Sonstige	16	21	11	17	10	17

8.5 Vergleich der Daten der Surveillance an der UMR aus dem Jahr 2015 mit Keimen dieser Studie

Die folgende Tabelle zeigt die Daten der im Rahmen der Surveillance an der UMR nachgewiesene Keime aus dem Jahr 2015, die über sieben Mal in Patientenmaterialien nachgewiesen wurden, im Vergleich mit der Nachweishäufigkeit derselben Keime an Abstrichen oder in Wasserproben der Perlatoren der drei Verkalkungsgrade aus dieser Studie. Die Keime werden in der Reihenfolge ihrer Nachweishäufigkeit aus klinischen Materialien genannt.

Nr.	Keim	Nachweis UMR 2015	Verkalkungsgrad (Abstriche)			Verkalkungsgrad (Wasserproben)		
			nicht / leichtgradig	mittelgradig	stark	nicht / leichtgradig	mittelgradig	stark
1	<i>Escherichia coli</i>	2112						
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	1303		1				
3	<i>Candida albicans</i>	1089						
4	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1060	8	4	5	4	1	6
5	<i>Enterococcus faecalis</i>	981						
6	<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	677						
7	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	610						
8	<i>Enterococcus faecium</i>	513						
9	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ssp. <i>pneumoniae</i>	493						
10	<i>Proteus mirabilis</i>	443						
11	<i>Candida glabrata</i>	282			1			
12	<i>Enterobacter cloacae</i> Komplex	268						
13	<i>Streptococcus agalactiae</i> (B Str.)	265						
14	<i>Haemophilus parainfluenzae</i>	258						
15	<i>Klebsiella oxytoca</i>	253						
16	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	242	1	2	1	1		
17	<i>Propionibacterium acnes</i>	174	1				1	
18	<i>Staphylococcus hominis</i>	134	1	2	2			1
19	<i>Streptococcus anginosus</i>	106				1		
20	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	104		1	2		2	2
21	<i>Haemophilus influenzae</i>	102						
22	<i>Streptococcus pyogenes</i> (Gr. A Str.)	100	2			2		
23	<i>Serratia marcescens</i>	94						
24	<i>Morganella morganii</i>	82		1			1	
25	<i>Candida parapsilosis</i>	81						
26	<i>Citrobacter freundii</i> Komplex	74				1		2
27	<i>Staphylococcus capitis</i>	74	1	1	2	1	1	0
28	<i>Aspergillus fumigatus</i>	74						
29	<i>Streptococcus mitis</i> / <i>Streptococcus oralis</i> (STRMIO)	70		1	1		1	

Nr.	Keim	Nach- weis UMR 2015	Verkalkungsgrad (Abstriche)			Verkalkungsgrad (Wasserproben)		
			nicht / leichtgradig	mittel- gradig	stark	nicht / leichtgradig	mittel- gradig	stark
30	<i>Streptococcus constellatus</i>	67	1				0	
31	<i>Citrobacter koseri</i> (ehem. <i>C. diversus</i>)	65						
32	<i>Staphylococcus lugdunensis</i>	62						
33	<i>Candida tropicalis</i>	61						
34	<i>Haemophilus parahaemolyticus</i>	49						
35	<i>Streptococcus dysgalactiae</i> ssp. <i>Equisimilis</i>	46						
36	<i>Proteus vulgaris</i>	46						
37	<i>Bacteroides fragilis</i>	43						
38	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	43						
39	<i>Clostridioides difficile</i>	41						
40	<i>Acinetobacter baumannii</i> - Gruppe	41						
41	<i>Enterobacter aerogenes</i>	40						
42	<i>Corynebacterium striatum</i>	37						
43	<i>Candida krusei</i>	36						
44	<i>Moraxella</i> (ehem. <i>Branhamella</i>) <i>catarrhalis</i>	36						
45	<i>Enterobacter cloacae</i>	35						
46	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	34	2			5		2
47	<i>Enterococcus avium</i>	33						
48	<i>Proteus penneri</i>	29						
49	<i>Pseudomonas putida</i>	28			2			3
50	<i>Candida dubliniensis</i>	28						
51	<i>Finegoldia magna</i> (ehem. <i>Peptostreptococcus magnus</i>) (FIMA)	28				1		
52	<i>Campylobacter jejuni</i>	27						
53	<i>Streptococcus mitis</i> Gruppe	25						
54	<i>Hafnia alvei</i>	22						
55	<i>Aerococcus urinae</i>	21						1
56	<i>Enterococcus faecium</i> (Vancomycin resistent)	21						
57	<i>Acinetobacter baumannii</i>	20						
58	<i>Staphylococcus warneri</i>	20		1	1		1	
59	<i>Streptococcus parasanguinis</i> (STRPA)	20						
60	<i>Staphylococcus simulans</i>	19						
61	<i>Staphylococcus aureus</i> (Verdacht auf MRSA)	19						
62	<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	18						
63	<i>Streptococcus salivarius</i>	18	1					
64	<i>Actinomyces turicensis</i>	18						
65	<i>Candida lusitanae</i>	17						
66	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	17						
67	<i>Citrobacter braakii</i>	17						
68	<i>Candida kefyr</i> (<i>pseudotropicalis</i>)	16						
69	<i>Raoultella planticola</i>	16						
70	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	16						

Nr.	Keim	Nachweis UMR 2015	Verkalkungsgrad (Abstriche)			Verkalkungsgrad (Wasserproben)		
			nicht / leichtgradig	mittel- gradig	stark	nicht / leichtgradig	mittel- gradig	stark
71	<i>Dermabacter hominis</i>	16						
72	<i>Eikenella corrodens</i>	15						
73	<i>Bacillus cereus</i>	14						
74	<i>Micrococcus luteus</i>	14	7	3	4	4	5	4
75	<i>Streptococcus sanguinis</i>	13						
76	<i>Providencia rettgeri</i>	13						
77	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	12	1	1		1	1	
78	<i>Enterococcus gallinarum</i>	11						
79	<i>Achromobacter xylosoxidans</i> ssp. <i>Xylosoxidans</i>	11				1		
80	<i>Staphylococcus caprae</i>	11						
81	<i>Streptococcus gallolyticus</i>	11						
82	<i>Bacillus cereus</i> Gruppe	10						
83	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	10						
84	<i>Streptococcus intermedius</i>	10						
85	<i>Staphylococcus auricularis</i>	10						
86	<i>Helicobacter pylori</i>	10						
87	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	9						
88	<i>Acinetobacter ursingii</i>	9			1			1
89	<i>Raoultella ornithinolytica</i> (ehem. <i>Klebsiella ornithinolytica</i>)	9					1	
90	<i>Providencia stuartii</i>	9						
91	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	8	1			1		
92	<i>C. perfringens</i>	8						
93	<i>Prevotella buccae</i>	8						
94	<i>Achromobacter xylosoxidans</i> ssp. <i>denitrificans</i>	8						
95	<i>Alcaligenes faecalis</i>	7						
96	<i>Candida guilliermondii</i>	7		1				
97	<i>Geotrichium candidum</i>	7						
98	<i>Brevibacterium casei</i>	7						
99	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	7	19	20	21	20	22	24
100	<i>Bacteroides thetaiotaomicron</i>	7						
101	<i>Streptococcus parasanguinis</i>	7						

8.6 Rohdaten

Die in den folgenden Unterkapiteln aufgeführten Tabellen zeigen die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Rohdaten der 90 untersuchten Perlatores. Die Rohdaten sind nach Verkalkungsgrad der Perlatores sowie nach Art der Beprobung (Abstrich oder Wasserprobe) in separate Tabellen aufgeteilt und in einzelne Kapitel gegliedert. Die einzelnen Tabellen zeigen für jeden Perlator den Ort der Entnahme, die nachgewiesenen Keime mit entsprechender Keimlast, sowie die Gesamtkeimlast des Abstrichs bzw. der Wasserprobe.

8.6.1 Nicht/leichtgradig verkalkte Perlatores

8.6.1.1 Abstriche

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
Perlator Nummer 1	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	580	4095
Kardiologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	60	
	<i>Paenibacillus durus</i>	3455	
Perlator Nummer 2	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	10000	10000
Nephrologie / Kardiologie			
Perlator Nummer 3	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	10000	13498
Nephrologie / Kardiologie	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	128	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	65	
	<i>Fusarium</i> sp.	1925	
	<i>Sphingomonas trueperi</i>	1270	
	<i>Corynebacterium</i> sp.	110	
Perlator Nummer 4	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	403	4614
Nephrologie / Kardiologie	<i>Fusarium</i> sp.	183	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	183	
	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	3835	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	10	
Perlator Nummer 6	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	10	665
Endokrinologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	505	
	<i>Micrococcus luteus</i>	30	
	<i>Brevundimonas diminuta</i>	60	
	<i>Delftia acidovorans</i>	50	
	<i>Actinomyces meyeri</i>	10	
Perlator Nummer 7	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	20300	20638
Endokrinologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	338	
Perlator Nummer 12	<i>Bacillus pumilus</i>	10	397
Pneumologie	<i>Staphylococcus hominis</i> ssp. <i>hominis</i>	20	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	10	
	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	20	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	327	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	
Perlator Nummer 14	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	310
Kardiochirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	105	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	75	
	<i>Actinomyces meyeri</i>	10	
	<i>Staphylococcus capitis</i>	10	
	<i>Dermaococcus nishinomiyaensis</i>	100	
Perlator Nummer 17	Kein Keimnachweis	0	0
Kardiochirurgie			
Perlator Nummer 18	<i>Haemophilus haemolyticus</i>	20	615
Kardiochirurgie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	435	
	<i>Bacteroides uniformis</i>	10	
	<i>Paenibacillus durus</i>	140	
Perlator Nummer 19	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	360	535
Kardiouchirurgie	<i>Mycobacterium kansasii</i>	175	
Perlator Nummer 20	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	2302	2727
Kardiouchirurgie	<i>Actinomyces neuui</i>	55	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	370	
Perlator Nummer 21	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1173	1548
Kardiouchirurgie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	200	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	175	
Perlator Nummer 22	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	680	2100
Kardiouchirurgie	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	10	
	<i>Burkholderia gladioli</i>	1200	
	<i>Paenibacillus durus</i>	50	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	20	
	<i>Mycobacterium kansasii</i>	100	
	<i>Sphingobacterium thalophilum</i>	40	
Perlator Nummer 23	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	120	3135
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2750	
	<i>Streptococcus salivarius ssp. salivarius / vestibularis</i>	100	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	90	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	75	
Perlator Nummer 25	<i>Corynebacterium xerosis / amycolatum</i>	257	11200
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	793	
	<i>Paenibacillus durus</i>	7800	
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	20	
	<i>Yersinia frederiksenii</i>	2300	
	<i>Propionibacterium acnes</i>	30	
Perlator Nummer 26	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	40300	57070
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	16620	
	<i>Moraxella osloensis</i>	150	
Perlator Nummer 32	<i>Bacillus sp.</i>	10	30
Neurologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10	
	<i>Streptococcus constellatus</i>	10	
Perlator Nummer 34	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	10
Neurologie			
Perlator Nummer 35	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	10	465
Neurologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	295	
	<i>Moraxella osloensis</i>	140	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	20	
Perlator Nummer 36	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	10
Neurologie			
Perlator Nummer 37	Kein Keimnachweis	0	0
Neurologie			
Perlator Nummer 38	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	10	10
Neurologie			
Perlator Nummer 39	<i>Comamonas testosteroni</i>	108	7036
Neurologie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	55	
	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	5500	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	100	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	20	
	<i>Staphylococcus equorum</i>	100	
	<i>Microbacterium flavescens</i>	253	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	900	
Perlator Nummer 40	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10	10

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
Neurologie			
Perlator Nummer 41	<i>Microbacterium flavescens</i>	33	103
Neurologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	10	
	<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	50	
Perlator Nummer 44	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	10	195
Orthopädie	<i>Comamonas testosteroni</i>	55	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	130	
Perlator Nummer 46	<i>Streptococcus gordonii</i>	10	95
Orthopädie	<i>Acinetobacter junii</i>	20	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	15	
	<i>Neisseria zoodegmatis / animaloris</i>	50	
Perlator Nummer 49	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	390	1635
Orthopädie	<i>Bordetella parapertussis</i>	415	
	<i>Oligella ureolytica</i>	90	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	740	
Perlator Nummer 89	<i>Moraxella osloensis</i>	1540	2378
Pädiatrische Ambulanz	<i>Micrococcus luteus / tylosae</i>	20	
	<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	818	

8.6.1.2 Wasserproben

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
Perlator Nummer 1	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	1400	31408
Kardiologie	<i>Bacillus licheniformis</i>	4	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	10000	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10000	
	<i>Paenibacillus durus</i>	10000	
Perlator Nummer 2	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	10000	10000
Nephrologie / Kardiologie			
Perlator Nummer 3	<i>Chrysobacterium indologenes</i>	324	13114
Nephrologie / Kardiologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	28	
	<i>Corynebacterium</i> sp.	14	
	<i>Fusarium</i> sp.	768	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	10000	
	<i>Sphingomonas trueperi</i>	1980	
Perlator Nummer 4	<i>Bacillus</i> sp.	4	10492
Nephrologie / Kardiologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	258	
	<i>Delftia acidovorans</i>	226	
	<i>Fusarium</i> sp.	4	
	<i>Brevundimonas diminuta</i>	10000	
Perlator Nummer 6	<i>Bacillus</i> sp.	8	1020
Endokrinologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	801	
	<i>Micrococcus luteus</i>	8	
	<i>Delftia acidovorans</i>	203	
Perlator Nummer 7	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	850	52150
Endokrinologie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	51300	
Perlator Nummer 12	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	65	69
Pneumologie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	4	
Perlator Nummer 14	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	4	477
Kardiochirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	180	
	<i>Micrococcus luteus</i>	16	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	273	

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
Perlator Nummer 17	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10	2060
Kardiouchirurgie	<i>Aeromonas salmonicida</i>	2050	
Perlator Nummer 18	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	2035	3015
Kardiouchirurgie	<i>Paenibacillus durus</i>	980	
Perlator Nummer 19	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1103	1330
Kardiouchirurgie	<i>Mycobacterium kansasii</i>	143	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	84	
Perlator Nummer 20	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	1900	3424
Kardiouchirurgie	<i>Microbacterium flavescens</i>	20	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	1484	
	<i>Corynebacterium afermetans</i>	20	
Perlator Nummer 21	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2190	2536
Kardiouchirurgie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	100	
	<i>Mycobacterium kansasii</i>	56	
	<i>Sphingomonas</i> sp.	20	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	170	
Perlator Nummer 22	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	88	19584
Kardiouchirurgie	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	76	
	<i>Burkholderia gladioli</i>	19300	
	<i>Paenibacillus durus</i>	100	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	20	
Perlator Nummer 23	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	288	20681
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	19781	
	<i>Rothia dentocariosa</i>	4	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
	<i>Streptococcus anginosus</i>	4	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	200	
	<i>Staphylococcus capitis</i>	200	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	100	
	<i>Pseudomonas oryzae</i>	100	
Perlator Nummer 25	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	6	12192
Kardiouchirurgie	<i>Corynebacterium xerosis / amycolatum</i>	342	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1790	
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	4	
	<i>Paenibacillus durus</i>	7250	
	<i>Yersinia frederiksenii</i>	2700	
	<i>Sphingomonas</i> sp.	100	
Perlator Nummer 26	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	20750	27798
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	6900	
	<i>Staphylococcus pasteurii / haemolyticus</i>	4	
	<i>Moraxella osloensis</i>	144	
Perlator Nummer 32	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	16	183
Neurologie	<i>Microbacterium flavescens</i>	38	
	<i>Empedobacter brevis</i>	4	
	<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	125	
Perlator Nummer 34	<i>Sphingomonas ecchinoides</i>	16	162
Neurologie	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	146	
Perlator Nummer 35	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	3993	4017
Neurologie	<i>Moraxella osloensis</i>	24	
Perlator Nummer 36	<i>Ochrobactrum anthropi</i>	4	104
Neurologie	<i>Dermacoccus nishinomiyaensis</i>	100	
Perlator Nummer 37	<i>Microbacterium flavescens</i>	12	248
Neurologie	<i>Citrobacter freundii</i>	62	
	<i>Mannheimia haemolytica</i>	106	
	<i>Burkholderia gladioli</i>	64	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	4	
Perlator Nummer 38	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	8	8

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
Neurologie			
Perlator Nummer 39	<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	282	45177
Neurologie	<i>Kocuria varians</i>	20	
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	100	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	100	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1000	
	<i>Microbacterium flavescens</i>	1500	
	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	34275	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	7900	
Perlator Nummer 40	<i>Streptococcus pyogenes</i>	1000	3525
Neurologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1990	
	<i>Neisseria mucosae</i>	380	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	72	
	<i>Abiotrophia defectiva</i>	83	
Perlator Nummer 41	<i>Microbacterium flavescens</i>	1191	1977
Neurologie	<i>Lactobacillus</i> sp.	124	
	<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	662	
Perlator Nummer 44	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	23	18591
Orthopädie	<i>Yersinia frederiksenii</i>	4908	
	<i>Delftia acidovorans</i>	202	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	11000	
	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	450	
	<i>Microbacterium flavescens</i>	300	
	<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	1433	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	275	
Perlator Nummer 46	<i>Acinetobacter junii</i>	101	6330
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	525	
	<i>Fingoldia magna</i>	2600	
	<i>Neisseria zoodegmatis / animaloris</i>	3100	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
Perlator Nummer 49	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	14000	49277
Orthopädie	<i>Bordetella parapertussis</i>	14350	
	<i>Oligella ureolytica</i>	600	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	17600	
	<i>Neisseria cinerea</i>	1550	
	<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	467	
	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	710	
Perlator Nummer 89	<i>Moraxella osloensis</i>	1012	2797
Pädiatrische Ambulanz	<i>Acinetobacter Iwoffii</i>	1767	
	<i>Corynebacterium pilosum</i>	18	

8.6.2 Mittelgradig verkalkte Perlatoren

8.6.2.1 Abstriche

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
Perlator Nummer 8	<i>Aeromonas salmonicida</i>	3500	4310
Endokrinologie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	800	
	<i>Staphylococcus warneri</i>	10	
Perlator Nummer 9	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	15	115
Pneumologie	<i>Staphylococcus aureus</i>	100	
Perlator Nummer 11	<i>Corynebacterium coyleae</i>	150	14443
Pneumologie	<i>Sphingomonas trueperi</i>	1430	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1490	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	11373	

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
Perlator Nummer 13	<i>Sphingomonas trueperi</i>	130	160
Pneumologie	<i>Delftia acidovorans</i>	10	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	20	
Perlator Nummer 15	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2155	2185
Kardiouchirurgie	<i>Staphylococcus hominis</i> ssp. <i>hominis</i>	20	
	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	10	
Perlator Nummer 16	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	87	537
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	90	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	360	
Perlator Nummer 24	<i>Bifidobacterium</i> sp.	77	653
Kardiouchirurgie	<i>Sphingobium xenophagum</i>	173	
	<i>Staphylococcus hominis</i> ssp. <i>hominis</i>	100	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	170	
	<i>Sphingomonas</i> sp.	133	
Perlator Nummer 27	<i>Bacillus circulans</i>	10	15428
Neurologie	<i>Delftia acidovorans</i>	30	
	<i>Fusarium</i> sp.	63	
	<i>Burkholderia gladioli</i>	60	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	575	
	<i>Kocuria rosea</i>	7000	
	<i>Paenibacillus durus</i>	7450	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	240	
Perlator Nummer 30	Kein Keimnachweis	0	0
Neurologie			
Perlator Nummer 42	<i>Neisseria elongata</i>	338	711
Orthopädie	<i>Streptococcus mitis / oralis</i>	258	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	100	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	15	
Perlator Nummer 43	<i>Delftia acidovorans</i>	2450	17133
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10233	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	1350	
	<i>Morganella morganii</i>	2600	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	500	
Perlator Nummer 45	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2200	2700
Orthopädie	<i>Sphingomonas trueperi</i>	200	
	<i>Dermacoccus nishinomiyaensis</i>	300	
Perlator Nummer 48	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	80	7095
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	5733	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	505	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	267	
	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	10	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	500	
Perlator Nummer 52	<i>Bacillus licheniformis</i>	50	3705
HNO	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1095	
	<i>Micrococcus luteus</i>	100	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	1850	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	100	
	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	510	
Perlator Nummer 54	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	7145
HNO	<i>Microbacterium flavescens</i>	585	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	200	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	3300	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	3050	
Perlator Nummer 56	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	12800	36350
HNO	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	23550	
Perlator Nummer 57	<i>Paenibacillus peoriae</i>	10	40860
HNO	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	550	

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10300	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	30000	
Perlator Nummer 58	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	80410
HNO	<i>Comamonas testosteroni</i>	26700	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	53700	
Perlator Nummer 59	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	93200	93200
HNO			
Perlator Nummer 60	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	593	6218
HNO	<i>Comamonas testosteroni</i>	3925	
	<i>Moraxella</i> sp.	400	
	<i>Staphylococcus capitis</i>	1300	
Perlator Nummer 63	<i>Microbacterium flavescens</i>	353	2353
Ophthalmologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1400	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	600	
Perlator Nummer 70	<i>Sphingomonas trueperi</i>	587	10154
Orthopädie	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	3400	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	6167	
Perlator Nummer 72	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	5850	6285
Orthopädie	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	15	
	<i>Fusarium</i> sp.	20	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	400	
Perlator Nummer 74	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	10	35768
Orthopädie	<i>Sphingomonas trueperi</i>	12000	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	9575	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	7000	
	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	1500	
	<i>Fusarium dimerum</i>	2000	
	<i>Neisseria mucosae</i>	2050	
	<i>Chryseobacterium hominis</i>	1633	
Perlator Nummer 75	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	556	20883
Orthopädie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	
	<i>Sphingomonas trueperi</i>	1467	
	<i>Lactobacillus acidophilus / gasseri</i>	2350	
	<i>Weissella viridescens</i>	1000	
	<i>Chryseobacterium hominis</i>	7150	
	<i>Sphingomonas</i> sp.	5950	
	<i>Flavobacteriaceae</i> sp.	1600	
	<i>Fusarium dimerum</i>	800	
Perlator Nummer 79	<i>Candida guilliermondii</i>	10	10
Chirurgische Ambulanz			
Perlator Nummer 83	Kein Keimnachweis	0	0
Pädiatrische Ambulanz			
Perlator Nummer 90	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	5700	5710
Pädiatrie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	10	

8.6.2.2 Wasserproben

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
Perlator Nummer 8	<i>Aeromonas salmonicida</i>	16150	19018
Endokrinologie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	2868	
Perlator Nummer 9	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	63	298
Pneumologie	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	221	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	14	
Perlator Nummer 11	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	4	34754
Pneumologie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	24750	

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	4300	
	<i>Sphingomonas trueperi</i>	5700	
Perlator Nummer 13	<i>Sphingomonas trueperi</i>	1944	2307
Pneumologie	<i>Delftia acidovorans</i>	126	
	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	8	
	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	85	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	144	
Perlator Nummer 15	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	7962	8170
Kardiouchirurgie	<i>Mycobacterium kansasii</i>	108	
	<i>Propionibacterium acnes</i>	100	
Perlator Nummer 16	<i>Bacillus sporothermodurans</i>	4	704
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	564	
	<i>Paenibacillus durus</i>	136	
Perlator Nummer 24	<i>Bifidobacterium</i> sp.	1050	11960
Kardiouchirurgie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	756	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	4450	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	5504	
	<i>Sphingomonas</i> sp.	200	
Perlator Nummer 27	<i>Staphylococcus warneri</i>	4	2946
Neurologie	<i>Fusarium</i> sp.	4	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
	<i>Paenibacillus durus</i>	2100	
	<i>Kocuria rosea</i>	780	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	28	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	4	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	10	
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	12	
Perlator Nummer 30	<i>Legionella pneumophila</i>	160	160
Neurologie			
Perlator Nummer 42	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	141	10137
Orthopädie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	96	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	3500	
	<i>Bacillus firmus</i>	100	
	<i>Neisseria elongata</i>	3650	
	<i>Streptococcus mitis / oralis</i>	1550	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	100	
	<i>Pasteurella</i> sp.	1000	
Perlator Nummer 43	<i>Delftia acidovorans</i>	700	23933
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10450	
	<i>Morganella morganii</i>	2600	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	7700	
	<i>Microbacterium flavescens</i>	833	
	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	1650	
Perlator Nummer 45	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	5750	6150
Orthopädie	<i>Sphingomonas trueperi</i>	400	
Perlator Nummer 48	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	4	28441
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	27350	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	983	
	<i>Delftia acidovorans</i>	4	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	100	
Perlator Nummer 52	<i>Bacillus</i> sp.	8	13328
HNO	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	5450	
	<i>Sphingobacterium thalpophilum</i>	200	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	5420	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	300	
	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	1950	
Perlator Nummer 54	<i>Microbacterium flavescens</i>	9150	20354

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
HNO	<i>Comamonas testosteroni</i>	3250	
	<i>Micrococcus luteus</i> / <i>lylae</i>	4	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	3700	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	4250	
Perlator Nummer 56	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	38175	59279
HNO	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	20550	
	<i>Micrococcus luteus</i> / <i>lylae</i>	550	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
Perlator Nummer 57	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	1019	49869
HNO	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	16100	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	19500	
	<i>Ochronobacterium anthropi</i>	750	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	12500	
Perlator Nummer 58	<i>Comamonas testosteroni</i>	8750	43517
HNO	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	15167	
	<i>Acinetobacter junii</i>	100	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	18500	
	<i>Paenibacillus durus</i>	1000	
Perlator Nummer 59	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	152000	159800
HNO	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	200	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	5500	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	2100	
Perlator Nummer 60	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	4067	81817
HNO	<i>Comamonas testosteroni</i>	65750	
	<i>Staphylococcus capitis</i>	12000	
Perlator Nummer 63	<i>Microbacterium flavescens</i>	854	28278
Ophthalmologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	23000	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	3606	
	<i>Moraxella osloensis</i>	18	
	<i>Gemella haemolysans</i>	800	
Perlator Nummer 70	<i>Sphingomonas trueperi</i>	3850	18175
Orthopädie	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	6975	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	7250	
	<i>Bacillus simplex</i>	100	
Perlator Nummer 72	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	3125	9125
Orthopädie	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	6000	
Perlator Nummer 74	<i>Sphingomonas trueperi</i>	12000	46733
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	20000	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	9000	
	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	733	
	<i>Neisseria mucosae</i>	2000	
	<i>Raoultella ornitholytica</i>	1000	
	<i>Chryseobacterium hominis</i>	2000	
Perlator Nummer 75	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2215	6715
Orthopädie	<i>Sphingomonas trueperi</i>	1225	
	<i>Lactobacillus acidophilus</i> / <i>gasseri</i>	2425	
	<i>Chryseobacterium hominis</i>	600	
	<i>Fusarium dimerum</i>	250	
Perlator Nummer 79	<i>Paenibacillus durus</i>	98	126
Chirurgische Ambulanz	<i>Sphingomonas adhaesiva</i>	28	
Perlator Nummer 83	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	72	740
Pädiatrische Ambulanz	<i>Methyloversatilis</i> sp.	668	
Perlator Nummer 90	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	9464	9480
Pädiatrie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	4	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	12	

8.6.3 Stark verkalkte Perlatoren:

8.6.3.1 Abstriche

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
Perlator Nummer 5	<i>Comamonas testosteroni</i>	50	1665
Endokrinologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1615	
Perlator Nummer 10	<i>Staphylococcus capitis</i>	10	23840
Pneumologie	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	23450	
	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	310	
	<i>Brevundimonas diminuta</i>	70	
Perlator Nummer 28	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	35	1008
Neurologie	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	473	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	500	
Perlator Nummer 29	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10	20
Neurologie	<i>Sphingomonas adhaesiva</i>	10	
Perlator Nummer 31	<i>Moraxella osloensis</i>	1160	1653
Neurologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	20	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	473	
Perlator Nummer 33	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1395	1688
Neurologie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	273	
	<i>Streptococcus mitis / oralis</i>	10	
Perlator Nummer 47	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	2800	2960
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	160	
Perlator Nummer 50	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	800	17233
Orthopädie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	233	
	<i>Acinetobacter ursingii</i>	16100	
	<i>Paenibacillus durus</i>	100	
Perlator Nummer 51	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	12700	38503
HNO	<i>Cupriavidus pauculus</i>	303	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10650	
	<i>Fusarium sp.</i>	900	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	10000	
	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	2600	
	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	1350	
Perlator Nummer 53	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	31800	43400
HNO	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	3100	
	<i>Paenibacillus durus</i>	8500	
Perlator Nummer 55	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	325	9825
HNO	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	2850	
	<i>Sphingobacterium thalpophilum</i>	1500	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1700	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	2850	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	600	
Perlator Nummer 61	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	85	85
Ophthalmologie			
Perlator Nummer 62	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	170	200
Ophthalmologie	<i>Candida glabrata</i>	10	
	<i>Rothia dentocariosa / mucilaginoso</i>	10	
	<i>Bacillus simplex</i>	10	
Perlator Nummer 64	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	40	100
Ophthalmologie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	60	
Perlator Nummer 65	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	13070
Ophthalmologie	<i>Staphylococcus capitis</i>	10	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	12100	
	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	950	
Perlator Nummer 66	<i>Kytococcus sedentarius</i>	10	10

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
Ophthalmologie			
Perlator Nummer 67	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	25	25
Ophthalmologie			
Perlator Nummer 68	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	12178	15807
Orthopädie	<i>Sphingomonas trueperi</i>	1167	
	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	100	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	1462	
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	700	
	<i>Fusarium</i> sp.	200	
Perlator Nummer 69	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	520	110720
Orthopädie	<i>Fusarium</i> sp.	7000	
	<i>Listeria innocua</i>	33500	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	33200	
	<i>Sphingomonas trueperi</i>	15500	
	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	4000	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	4000	
	<i>Pseudomonas putida</i>	13000	
Perlator Nummer 71	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	120	1133
Orthopädie	<i>Pseudomonas putida</i>	313	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10	
	<i>Staphylococcus hominis</i> ssp. <i>hominis</i>	100	
	<i>Fusarium dimerum</i>	10	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	210	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	100	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	270	
Perlator Nummer 73	<i>Fusarium dimerum</i>	3500	20300
Orthopädie	<i>Chryseobacterium hominis</i>	6000	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2200	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	600	
	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	6000	
	<i>Staphylococcus hominis</i> ssp. <i>hominis</i>	2000	
Perlator Nummer 76	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	100	48350
Chirurgische Ambulanz	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	100	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2000	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	9000	
	<i>Roseomonas</i> sp.	28150	
	<i>Sphingomonas mathurensis</i>	3000	
	<i>Allovalkampa</i> sp.	6000	
Perlator Nummer 77	<i>Sphingomonas paucimobilis / adhaesiva</i>	163	163
Chirurgische Ambulanz			
Perlator Nummer 78	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	2460	2460
Chirurgische Ambulanz			
Perlator Nummer 80	Kein Keimnachweis	0	0
Chirurgische Ambulanz			
Perlator Nummer 81	<i>Kocuria palustris</i>	10	10
Pädiatrische Ambulanz			
Perlator Nummer 82	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	180	180
Pädiatrische Ambulanz			
Perlator Nummer 84	<i>Brevundimonas aurantiaca</i>	15	35
Pädiatrische Ambulanz	<i>Novosphingobium</i> sp.	10	
	<i>Staphylococcus warneri</i>	10	
Perlator Nummer 85	<i>Moraxella osloensis</i>	20	30
Pädiatrische Ambulanz	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	10	
Perlator Nummer 86	Kein Keimnachweis	0	0
Pädiatrische Ambulanz			
Perlator Nummer 87	<i>Sphingobacterium thalpophilum</i>	10	10
Pädiatrische Ambulanz			

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / Tupfer	Keimlast Abstrich in KBE / Tupfer
Perlator Nummer 88	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	123	1123
Pädiatrische Ambulanz	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	1000	

8.6.3.2 Wasserproben

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
Perlator Nummer 5	<i>Moraxella</i> sp.	8	11514
Endokrinologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	11506	
Perlator Nummer 10	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	9050	14483
Pneumologie	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	5353	
	<i>Brevundimonas diminuta</i>	80	
Perlator Nummer 28	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	196	23674
Neurologie	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	2100	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	42	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	86	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	21250	
Perlator Nummer 29	<i>Bacillus</i> sp.	4	63436
Neurologie	<i>Aerococcus urinae</i>	16	
	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	2900	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	66	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	800	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	49650	
	<i>Kingella dentifricans</i>	10000	
Perlator Nummer 31	<i>Corynebacterium amycolatum / xerosis</i>	108	2739
Neurologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	148	
	<i>Moraxella osloensis</i>	711	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	1772	
Perlator Nummer 33	<i>Yersinia frederiksenii</i>	120	9518
Neurologie	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	8209	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	4	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	1185	
Perlator 47	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	244000	247758
Orthopädie	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	8	
	<i>Micrococcus luteus / lylae</i>	3750	
Perlator Nummer 50	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	3441	106299
Orthopädie	<i>Acinetobacter ursingii</i>	97000	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	8	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	2850	
	<i>Paenibacillus durus</i>	3000	
Perlator Nummer 51	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	27000	95825
HNO	<i>Cupriavidus pauculus</i>	18500	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	11100	
	<i>Fusarium</i> sp.	150	
	<i>Streptococcus hyointestinalis</i>	9700	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	3275	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	11100	
	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	15000	
Perlator Nummer 53	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	4467	15104
HNO	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	2400	
	<i>Ochronobacterium anthropi</i>	1900	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	5333	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
	<i>Pseudomonas luteola</i>	1000	
Perlator Nummer 55	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	194	13144
HNO	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	600	

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
	<i>Sphingobacterium thalpophilum</i>	3550	
	<i>Pseudomonas oleovorans</i>	700	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	6400	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	1000	
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	700	
Perlator Nummer 61	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	967	1233
Ophthalmologie	<i>Comamonas testosteroni</i>	59	
	<i>Corynebacterium striatum</i>	135	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	4	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	68	
Perlator Nummer 62	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	479	2883
Ophthalmologie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2275	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	129	
Perlator Nummer 64	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	90	98
Ophthalmologie	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	4	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	4	
Perlator Nummer 65	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	6000	7000
Ophthalmologie	<i>Bacillus megaterium</i>	1000	
Perlator Nummer 66	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	808	956
Ophthalmologie	<i>Kocuria rosea</i>	144	
	<i>Solibacillus</i> sp. / <i>Caryophanon</i> sp.	4	
Perlator Nummer 67	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	650	701
Ophthalmologie	<i>Staphylococcus equorum</i>	4	
	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	47	
Perlator Nummer 68	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	103500	136205
Orthopädie	<i>Sphingomonas trueperi</i>	3800	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	2605	
	<i>Delftia acidovorans</i>	200	
	<i>Pseudomonas putida</i>	17000	
	<i>Fusarium</i> sp.	100	
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	9000	
Perlator Nummer 69	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	58	55750
Orthopädie	<i>Fusarium</i> sp.	700	
	<i>Listeria innocua</i>	38000	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	6867	
	<i>Sphingomonas trueperi</i>	3575	
	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	350	
	<i>Acinetobacter junii / haemolyticus</i>	1000	
	<i>Sphingobacterium multivorum</i>	200	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	3300	
	<i>Pseudomonas putida</i>	1700	
Perlator Nummer 71	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	615	17730
Orthopädie	<i>Pseudomonas putida</i>	6950	
	<i>Bacillus</i> sp.	82	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	2200	
	<i>Sphingobium xenophagum</i>	7883	
Perlator Nummer 73	<i>Fusarium dimerum</i>	103	3741
Orthopädie	<i>Chryseobacterium hominis</i>	173	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2100	
	<i>Comamonas testosteroni</i>	45	
	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	700	
	<i>Brevundimonas diminuta / vesicularis</i>	600	
	<i>Acinetobacter junii</i>	16	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
Perlator Nummer 76	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	3925	8575
Chirurgische Ambulanz	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	750	
	<i>Sphingomonas mathurensis</i>	2100	

Daten zum Perlator	Keimart	Keimlast pro Spezies in KBE / ml	Keimlast Wasserprobe in KBE / ml
	<i>Allovahlkampfia</i> sp.	1800	
Perlator Nummer 77	<i>Sphingomonas paucimobilis</i> / <i>adhaesiva</i>	309	337
Chirurgische Ambulanz	<i>Bacillus</i> sp.	4	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	24	
Perlator Nummer 78	<i>Paenibacillus durus</i>	24	17224
Chirurgische Ambulanz	<i>Micrococcus luteus</i> / <i>lylae</i>	100	
	<i>Moraxella osloensis</i>	100	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	17000	
Perlator Nummer 80	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	14	14
Chirurgische Ambulanz			
Perlator Nummer 81	<i>Bacillus</i> sp.	48	5148
Pädiatrische Ambulanz	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	5100	
Perlator Nummer 82	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	164	363
Pädiatrische Ambulanz	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	8	
	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	59	
	<i>Microbacterium flavescens</i>	32	
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	100	
Perlator Nummer 84	<i>Brevundimonas aurantiaca</i>	16	556
Pädiatrische Ambulanz	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	4	
	<i>Sphingobacterium multivorum</i>	4	
	<i>Sphingomonas yanoikuyae</i>	532	
Perlator Nummer 85	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	10	10
Pädiatrische Ambulanz			
Perlator Nummer 86	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	12	3970
Pädiatrische Ambulanz	<i>Citrobacter freundii</i>	58	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	2200	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	1700	
Perlator Nummer 87	<i>Sphingobacterium thalpophilum</i>	10	277
Pädiatrische Ambulanz	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	14	
	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	77	
	<i>Sphingomonas adhaesiva</i>	30	
	<i>Streptococcus infantarius</i> ssp. <i>coli</i>	60	
	<i>Bacillus</i> sp.	4	
	<i>Brachymonas petroleovorans</i>	82	
Perlator Nummer 88	<i>Sphingomonas aromaticivorans</i>	650	3189
Pädiatrische Ambulanz	<i>Citrobacter freundii</i>	164	
	<i>Brevundimonas diminuta</i> / <i>vesicularis</i>	100	
	<i>Micrococcus luteus</i> / <i>lylae</i>	4	
	<i>Staphylococcus hominis</i> ssp. <i>Hominis</i>	4	
	<i>Methyloversatilis</i> sp.	2067	
	<i>Dyadobacter fermentans</i>	200	

8.7 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Ina Josephine Alice Antonenko

Geboren am: 18.11.1991 in Bremen

Staatsangehörigkeit: Deutsch

Familienstand: ledig

Akademischer Werdegang

2010-2017 Humanmedizinstudium an der Universität Rostock

2011-2017 Stipendiatin der Studienstiftung des deutschen Volkes

2002-2010 St.-Johannis-Schule, Bremen

1998-2002 St.-Pius-Grundschule, Bremen

Berufliche Tätigkeiten

Seit 2019 Assistenzärztin in der Gynäkologie im Theresienkrankenhaus, Mannheim

2018-2019 Assistenzärztin in der Inneren Medizin im Lukaskrankenhaus, Neuss

Auslandserfahrung

2017 Chirurgie PJ-Tertial in Brüssel, Belgien

2017 Innere PJ-Tertial in Santiago, Chile

2013-2014 Erasmus-Austausch Universidad de Granada, Spanien

Extracurriculäres Engagement

2015-2017 Teilnahme am Tandemprogramm „Angekommen“ des DAAD in Kooperation mit der Studienstiftung des Deutschen Volkes zur Integration von syrischen Studierenden in Deutschland

2015-2016 Mitglied des Leitungsteams des „Teddybär-Krankenhauses“ der UMR

2015-2016 Stipendiatensprecherin der Ortsgruppe Rostock / Wismar

2009-2013 Mitglied des Jugendausschusses des Deutschen Evangelischen Kirchentages

2007-2013 Jugendleiterin für den Volksbund Deutsche Kriegsgräberfürsorge

Mannheim, den 30.01.2020

Ina Antonenko

8.8 Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Andreas Podbielski für die Überlassung dieses spannenden und praxisrelevanten Themas.

Den Mitarbeitern des Institutes für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Hygiene, insbesondere Frau Dipl. Ing. Yvonne Humboldt und Frau Kati Selz danke ich für die Einarbeitung in und die kontinuierliche Unterstützung bei Fragen zur mikrobiologischen Diagnostik.

Herrn Prof. Dr. G. Kundt vom Institut für Bioinformatik der Universität Rostock danke ich für die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung.

Bei Frau Friederike Pola Johanna Pohl bedanke ich mich für die gute Zusammenarbeit und die Aufmunterung während der Arbeit im Labor.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Oberarzt PD Dr. med. Philipp Warnke, der stets eine Lösung für alle Probleme parat hatte und mich im Rahmen dieser Arbeit hervorragend betreut und immer wieder aufs Neue motiviert hat!

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei meinem Partner Herrn Robin Kollhoff, der mir mit seiner Erfahrung beim Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten half, mehr Struktur und Logik in meine Arbeit zu bringen, und mich gerade in schwierigen Momenten aufgefangen hat.

Ich bedanke mich auch bei meinen Eltern Herrn Johann Antonenko und Frau Claudia Strauß für ihr Verständnis und ihre Unterstützung.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meinen Freunden bedanken, die mir stets zur Seite standen und immer ein offenes Ohr für meine Sorgen hatten.

8.9 Thesenblatt

1. Nosokomiale Infektionen beeinträchtigen den Erfolg medizinischer Eingriffe und erhöhen die Kosten für die Behandlung. Der größte Teil nosokomialer Infektionen ist vermeidbar.
2. Trinkwasser stellt eine potenzielle Quelle für nosokomiale Infektionen dar. Nasskeime können insbesondere für besonders vulnerable Patienten ein Infektionsrisiko darstellen.
3. Da Perlatoren (Wasserstrahlregler) ständig in Kontakt mit dem Leitungswasser sind, stellen sie eine potenzielle Infektionsquelle dar.
4. Da es bisher keine Studien zur Keimlast unterschiedlich stark verkalkter Perlatoren gibt, ist die Beanstandung verkalkter Perlatoren durch das Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern während der Stationsbegehungen bisher ohne wissenschaftliche Begründung.
5. Die Art der Probengewinnung hat einen Einfluss auf das Laborergebnis. Daher wurden sowohl Wasserproben also auch Abstrichproben verkalkter Perlatoren untersucht.
6. Sowohl die vorhandene Menge an Erregern als auch die jeweiligen Spezies tragen substantiell zu einem potenziellen Infektionsrisiko bei.
7. Laut Datenlage dieser Studie besteht kein Zusammenhang zwischen dem Verkalkungsgrad und der Keimlast der Perlatoren.
8. Laut Datenlage dieser Studie ist das Keimspektrum für die unterschiedlich stark verkalkten Perlatoren einheitlich.
9. Laut Datenlage dieser Studie werden potenziell pathogene Keime nicht häufiger aus Proben von verkalkten (mittelgradig und stark) als von nicht/leicht verkalkten Perlatoren nachgewiesen.
10. Eine routinemäßige Entkalkung der Perlatoren zur Reduktion der Keimlast und damit eines potenziellen Infektionsrisikos für Patienten ist nach Erkenntnis dieser Studie nicht notwendig.