

Aus der Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde,
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. M. Hannig

**Pilotstudie zum mikrobiellen Kontaminationspotential von Mund-
Nasen-Schutzmasken bei zahnmedizinischer Behandlung**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2021

Vorgelegt von:
Jonas Isack
Geb. am 22.07.1992 in Hachenburg

Tag der Promotion: 13.12.2021

Dekan: Prof. Dr. M. D. Menger

1. Berichterstatter: Prof. Dr. S. Rupf

2. Berichterstatter: Prof. Dr. B. Gärtner

Widmung

Ich widme diese Arbeit meiner Familie.

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	9
1.1 Deutsche Zusammenfassung	9
1.2 English abstract	11
2 Einleitung	13
2.1 Literaturübersicht	14
2.1.1 Übertragungswege von Keimen in der zahnärztlichen Praxis	14
2.1.2 Hygienemaßnahmen durch zahnärztliches Personal	16
2.1.3 Übersicht über Händedesinfektionsmittel	20
2.1.4 Schutzausrüstung im Mund-, Nasen- und Augenbereich	22
2.1.5 Schutzhandschuhe – Materialien und Eigenschaften	23
2.1.6 Definition der Flora der Haut, des Mundes und der Nase	24
2.1.7 Keimspektrum dentaler und nicht-dentaler Aerosole	28
2.1.8 Ziel der Arbeit	29
3 Material und Methode	30
3.1 Probengewinnung	30
3.1.1 Klinischer Versuchsaufbau	32
3.1.2 Durchführung einer Probennahme	33
3.2 Probenanalyse	35
3.2.1 Kultivierung der Nährmedien	35
3.2.2 Quantitative Auswertung der Proben	36
3.2.3 Identifizierung von Mikroorganismen	37
3.3 Statistische Auswertung	39
4 Ergebnisse	41
4.1 Ergebnisse nach endodontischen Behandlungen	41
4.2 Ergebnisse nach Füllungstherapie	43
4.3 Ergebnisse nach Inlay-Präparation	45
4.4 Ergebnisse nach Parodontitis-Therapie	47
4.5 Ergebnisse nach Professioneller Zahnreinigung	49
4.6 Absolute Anteile positiver Proben pro Behandlungsmodus und Schutzkleidungsbestandteil	52

Inhaltsverzeichnis

4.7 Relative Anteile positiver und negativer Proben pro Schutzkleidungsbestandteil	53
4.8 Abweichungen der Behandlungsmodi vom arithmetischen Mittel	55
4.9 Darstellung des Verhältnisses der relativen Menge der Scores pro Behandlungsmodus	56
4.10 Übersicht Kontrollproben.....	58
4.11 Statistische Auswertung	58
5 Diskussion	59
5.1 Grundlagen	59
5.2 Vergleich der Studienergebnisse mit der Literatur.....	62
5.2.1 Kontamination von zahnmedizinischem und medizinischem Personal.....	62
5.2.2 Mikrobielle Übertragung zwischen Personengruppen	65
5.2.3 Aerosole.....	65
5.2.4 Trageempfehlungen von Schutzkleidung	67
5.2.5 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem dentaler Aerosole	68
5.2.6 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom von Haut, Nase und Mundhöhle	69
5.2.7 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom dentaler Karies	71
5.2.8 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom von Gingivitis und Parodontitis.....	72
5.2.9 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom endodontaler Läsionen	73
5.3 Schlussfolgerung/Konklusion	74
6 Literaturverzeichnis.....	76
7 Publikationen/Danksagung.....	90
7.1 Publikationen.....	90
7.2 Danksagung	90
8 Lebenslauf	92
9 Anhang	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sterile Handschuhe Ansell Gammex© Latex, Vorderseite	30
Abbildung 2: Sterile Handschuhe Ansell Gammex© Latex, Rückseite.....	30
Abbildung 3: Mundschutz Mölnlycke Health Care BARRIER©	31
Abbildung 4: TSA-Nährmedium nativ (Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Deutschland)	31
Abbildung 5: Händedesinfektion.....	33
Abbildung 6: Anlegen des ersten Paares steriler Handschuhe	33
Abbildung 7: Probennahme des Handschuhs nach Behandlung	34
Abbildung 8: Intensives Berühren des Mundschutzes mit dem zweiten sterilen Handschuh nach Behandlung.....	34
Abbildung 9: Probennahme des benutzten Mundschutzes	35
Abbildung 10: Flow-Chart zur Durchführung der Probennahme.....	35
Abbildung 11: Beispielhafte Abbildung eines positiven Befundes.....	36
Abbildung 12: MALDI-TOF.....	37
Abbildung 13: MALDI-TOF Schemazeichnung.....	38
Abbildung 14: Relativer Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (n=50).....	53
Abbildung 15: Relativer Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die getragene Mund-Nasen-Schutzmaske (n=50).....	54
Abbildung 16: Relativer Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die gewechselten Handschuhe, die den Mundschutz berührt haben (n=50)	54
Abbildung 17: Abweichung der relativen Menge positiver Proben pro Behandlungsmodus.	55
Abbildung 18: Score-Übersicht der einzelnen Schutzkleidungsbestandteile pro Behandlungsmodus .	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kontamination der Schutzkleidung bei der endodontischen Behandlung (n=10).....	41
Tabelle 2: Kontamination der Schutzkleidung bei der Füllungstherapie (n=10)	43
Tabelle 3: Kontamination der Schutzkleidung bei der Inlay-Präparation (n=10)	45
Tabelle 4: Kontamination der Schutzkleidung bei der Parodontitis-Therapie (n=10)	47
Tabelle 5: Kontamination der Schutzkleidung bei der Professionellen Zahnreinigung (n=10)	49
Tabelle 6: Absoluter Anteil positiver Proben pro Behandlungsmodus und Schutzkleidungsbestandteil	52

Abkürzungsverzeichnis

ACE2: Angiotensin Converting Enzyme 2

AWMF: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.

CONS: coagulase negative staphylococci

DAHZ: Deutscher Arbeitskreis für Hygiene in der Zahnmedizin

DGKH: Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene

DIN EN: Deutsches Institut für Normung Europäische Norm

et al.: et alii

etc.: et cetera

FFP: filtering face piece

KBE: Koloniebildende Einheiten

kDa: Kilodalton

KRINKO: Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention

kV: Kilovolt

MALDI-TOF: matrix assisted laser desorption/ionization - time of flight

µl: Mikroliter

mm: Millimeter

ns: Nanosekunde

PA: Parodontitis

PZR: Professionelle Zahnreinigung

sp.: species

spp.: species plurales

TSA: Trypton-Soja-Agar

U/min: Umdrehungen pro Minute

1 Zusammenfassung

1.1 Deutsche Zusammenfassung

Zielsetzung:

Gegenstand der Untersuchungen im Rahmen dieser Pilotstudie ist die Frage, ob Mund-Nasen-Schutzmasken, die im Zusammenhang mit zahnmedizinischen Behandlungen getragen werden, ein mikrobielles Kontaminationspotential aufweisen.

Material und Methode:

Es wurden typische, Aerosol freisetzende zahnmedizinische Behandlungstätigkeiten ausgeführt. Um einen vom chirurgischen Mund-Nasen-Schutz ausgehenden möglichen Kontaminationsweg zu prüfen, wurden nach der Behandlung die Außenflächen des Mund-Nasen-Schutzes mit sterilen Handschuhen berührt und anhaftende Mikroorganismen kultiviert. Zusätzlich wurden die chirurgischen Mund-Nasen-Schutzmasken und die während der Behandlung verwendeten Handschuhe auf Kontamination geprüft. Zur Anwendung kamen fünf verschiedene Behandlungsmodalitäten: 1) Präparation von Kariesläsionen, 2) Präparation nichtkariöser Zahnhartsubstanz, 3) Trepanation im Rahmen endodontischer Therapie, 4) supragingivale Zahnreinigung, 5) subgingival-parodontale Zahnreinigung für eine Dauer von jeweils 30 Minuten. Bei allen Behandlungen kamen über die gesamte Behandlungszeit hochoberflächlich arbeitende, Aerosol freisetzende Präparations- oder Ultraschallgeräte zur Anwendung. Jede dieser fünf Behandlungsmodalitäten wurde zehnfach durchgeführt. Resultierend standen jeweils fünfzig Mund-Nasen-Schutzmasken, fünfzig bei der Behandlung getragene Handschuhe sowie fünfzig neue, sterile Handschuhe, mit denen nach der Behandlung der Mundschutz berührt wurde, zur Verfügung, um auf ihre Kontamination geprüft zu werden. Die Mund-Nasen-Schutzmasken und die Handschuhe wurden für jeweils fünf Sekunden mit Trypton-Soja-Agar-Platten (TSA) in Kontakt gebracht. Die TSA-Platten wurden bei $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ in 5 prozentiger CO_2 -Atmosphäre für 48 Stunden inkubiert. Im Anschluss wurden phänotypisch unterschiedliche Kolonien der kultivierten Mikroorganismen mittels MALDI-TOF-Massenspektrometrie klassifiziert. Zusätzlich wurde die Anzahl koloniebildender Einheiten (KbE) mit Hilfe eines Scorings bestimmt. Die Einteilung erfolgte als: Score 0 = kein mikrobielles Wachstum, Score 1 = 1-100 KbE, Score 2 > 100-1000 KbE, Score 3 massenhaftes mikrobielles Wachstum. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Mann-Whitney-U-Test ($p < 0,05$).

Ergebnisse

Alle bei der Behandlung getragenen fünfzig Schutzmasken und fünfzig Schutzhandschuhe wiesen mikrobielle Kontamination auf (kein Score 0). Für alle Behandlungsmodalitäten wurden für die Schutzmasken 46-mal Score 1, zweimal Score 2 und zweimal Score 3 sowie für die Handschuhe 32-mal Score 1, zehnmal Score 2 und achtmal Score 3 nachgewiesen.

Bei den fünfzig frischen sterilen Handschuhen, mit denen die bei der Behandlung getragenen Mund-Nasen-Schutzmasken berührt wurden, zeigten sich folgende Kontaminationsraten: 15-mal Score 0, 34-mal Score 1, einmal Score 3, für Score 2 erfolgte kein Nachweis. Im Einzelnen zeigten die fünf Behandlungsmodalitäten folgende Ergebnisse: 1) Präparation von Kariesläsionen: Score 0 viermal, Score 1 sechsmal, Scores 2/3 kein Nachweis; 2) Präparation nichtkariöser Zahnhartsubstanz: Score 0 zweimal, Score 1 achtmal, Scores 2/3 kein Nachweis; 3) Trepanation im Rahmen endodontischer Therapie: Score 0 siebenmal, Score 1 dreimal, Scores 2/3 kein Nachweis; 4) supragingivale Zahnreinigung: Score 0 nicht vorhanden, Score 1 neunmal, Score 3 einmal, Score 2 kein Nachweis; 5) subgingival-parodontale Zahnreinigung: Score 0 zweimal, Score 1 achtmal, Scores 2/3 kein Nachweis.

Die Unterschiede zwischen den Behandlungsmodalitäten waren statistisch nicht signifikant. Die Genera *Streptococcus* und *Staphylococcus* dominierten in den Proben.

Schlussfolgerungen

Mund-Nasen-Schutzmasken sollten nach der Benutzung bei einer zahnmedizinischen Behandlung generell als kontaminiert betrachtet werden und stellen eine potentielle Quelle mikrobieller Kontamination dar. Bei der Behandlung eines Patienten getragene Mund-Nasen-Schutzmasken müssen vor der Behandlung des nächsten Patienten stets gewechselt werden. Insbesondere die Außenflächen der Mund-Nasen-Schutzmaske dürfen nicht mit ungeschützten Händen oder sterilen Handschuhen berührt werden. Nach Abnahme der Mund-Nasen-Schutzmasken muss eine hygienische Händedesinfektion durchgeführt werden.

1.2 English abstract

Objectives:

The objective of this study is to answer the question if a surgical face mask worn during dental treatment shows contamination potential.

Material and Methods:

Typical aerosol emitting dental treatments were conducted. To show if the surgical face mask has a contamination potential the outer layer of the mask was touched with sterile gloves. The adherent microorganisms were cultivated. In addition, the face mask as well as the gloves that were both used during the dental treatment were examined. Five different treatment modalities were used: 1) preparation of carious lesions, 2) preparation of non-carious tooth substance, 3) trepanation for endodontic treatment, 4) supragingival scaling, 5) subgingival-periodontal scaling for 30 minutes per measure. During the whole treatment time high-speed, aerosol emitting preparation instruments or ultrasonic devices were used. Each of the five treatment modalities was conducted ten times. As a result, 50 surgical face masks, 50 gloves worn during treatment and 50 gloves that were used to touch the face mask after treatment were available for examination in relation to their contamination. The face masks and the gloves were put in contact with trypton-soy-agar plates (TSA) for five seconds. The TSA plates were cultivated at $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ in 5% CO₂ atmosphere for 48 hours. After the cultivation phenotypic different microorganisms were classified using MALDI-TOF mass spectrometry. In addition, the number of colony forming units (cfu) per bacteria was identified and assorted in a scoring system: score 0 = 0 cfu, score 1 = 1-100 cfu, score 2 = 101-1000 cfu, score 3 > 1000 cfu. The statistic evaluation was done using the Mann-Whitney-U test ($p < 0,05$).

Results:

All face masks and gloves that were worn during treatment have shown microbial contamination (no score 0). For all treatment modalities the face masks showed score 1 46 times, score 2 two times and score 3 two times and the gloves score 1 32 times, score 2 ten times and score 3 eight times. Furthermore, the 50 sterile gloves that were used touching the face mask after treatment showed score 0 15 times, score 1 34 times, score 3 one time. Score 2

was not found in these gloves. In detail the five different treatment modalities showed the following outcome: 1) Preparation of carious lesions: score 0 four times, score 1 six times, no score 2/3; 2) Preparation of non-carious tooth substance: score 0 two times, score 1 eight times, no score 2/3; 3) Trepanation for endodontic treatment: score 0 seven times, score 1 three times, no score 2/3; 4) Supragingival scaling: no score 0, score 1 nine times, score 3 one time, no score 2; 5) subgingival-periodontal scaling: score 0 two times, score 1 eight times, no score 2/3. The differences between the treatment modalities were not statistically significant. The genera *Streptococcus* and *Staphylococcus* are predominant in the samples taken.

Conclusions:

Face masks worn during treatment should generally be considered contaminated and are a possible source of microbial contamination. Face masks worn during the treatment of one patient have to be changed every time before treating the next patient. Especially the outer layer of the face mask must not be touched with uncovered hands or with sterile gloves. After taking off the face mask, a hygienic hand disinfection has to be carried out.

2 Einleitung

Das Verhindern einer Krankheitsübertragung zwischen Patienten untereinander sowie zwischen Patienten und medizinischem Personal nimmt im ambulanten Praxisalltag eine zentrale Position ein. Besonders bei einem hohen Patientenaufkommen, wie es in ambulanten Praxen oft der Fall ist, müssen Hygienerichtlinien eingehalten werden, um die Transmission von Keimen zu vermeiden. Dazu ist es wichtig, sich neben der Reinigung der Praxisräumlichkeiten und der Aufbereitung von Instrumenten im Besonderen auch mit der Schutzkleidung auseinanderzusetzen. Die Schutzkleidung bietet bei falschem Umgang eine Brücke für mikrobielle Kontamination zwischen verschiedenen Patienten. Gerade bei der zahnärztlichen Behandlung fallen regelmäßig Aerosole an, die Schutzkleidung und Patientenumgebung kontaminieren.

Nosokomiale Infektionen spielen aber ebenso im Krankenhausalltag eine bedeutende Rolle. Dabei handelt es sich um Erkrankungen, die während stationärer oder ambulanter medizinischer Behandlung durch einen Patienten erworben werden (Geffers *et al.*, 2002). Nach Untersuchungen Gastmaiers *et al.* gibt es in Deutschland jährlich etwa 400.000-600.000 nosokomiale Infektionen. Er geht davon aus, dass jährlich zwischen 80.000 und 180.000 dieser auch als Krankenhausinfektionen bezeichneten Erkrankungen vermeidbar wären. Von den vermeidbaren enden laut Gastmaier *et al.* 1.500 bis 4.500 tödlich (Gastmaier *et al.*, 2010).

Der Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* ist Beispiel eines pathogenen Krankenhauskeims (Miao *et al.*, 2017) und kann Ursache einer letalen Sepsis sein (Machado *et al.*, 2019). Die multiresistenten Keime *Pseudomonas aeruginosa* und *Acinetobacter baumannii* stellen bei der Betrachtung nosokomialer Infektionen ebenfalls wichtige Vertreter dar (Kateete *et al.*, 2017). Erkrankungen durch multiresistente Keime sind oft schwierig zu behandeln, da sie gegen viele Antibiotika resistent sind. Die zusätzlich zum Grundleiden erworbenen gesundheitlichen Beschwerden verlängern und verkomplizieren den Krankheitsverlauf der Patienten. Vor allem auch deshalb besteht ein medizinisches Interesse daran, solche Infektionen einzudämmen. Dabei spielen die Hygiene sowie die Verhaltensmaßnahmen in Gesundheitseinrichtungen eine entscheidende Rolle, um eine Übertragung zu verhindern.

2.1 Literaturübersicht

2.1.1 Übertragungswege von Keimen in der zahnärztlichen Praxis

Bei der Behandlung eines Patienten kommt es zum direkten Kontakt zwischen Behandler und zu Behandelndem. Eine wichtige Rolle spielt die Berührung von Gingiva, Mukosa und Zähnen. Dabei kommt es nicht nur zu Kontakt mit gesundem Gewebe. Es ergibt sich ebenfalls eine Interaktion mit mikrobiellen Biofilmen auf erkranktem Gewebe wie kariös veränderter Zahnhartsubstanz. Weitere Übertragungswege entstehen durch Speichel und Blut. Sowohl Patient als auch Behandler können Träger von Mikroorganismen sein. Möglichkeiten zur Übertragung finden sich ebenfalls durch Blut-Blut-Kontakt, aber auch durch Inhalation von Bioaerosolen (Volgenant *et al.*, 2018). Bioaerosole entstehen bei der Benutzung von rotierenden Instrumenten und Ultraschallgeräten während der Behandlung. Die freigesetzten Aerosole enthalten Mikroorganismen und führen zur Kontamination der Umgebung (Zemouri *et al.*, 2020). Eine Transmission von Keimen führt jedoch nicht zwangsweise zu einer Infektion. Das Infektionsrisiko hängt nach Volgenant von der Virulenz des Pathogens, der Menge und der Häufigkeit des Kontakts sowie vom Risiko der Transmission ab (Volgenant *et al.*, 2018). Llandro *et al.* konnten in ihrem Versuchsaufbau nachweisen, dass bei der der Präparation auf Zahnhartsubstanz beim Debonden orthodontischer Applikationen unter Absaugung das nähere Umfeld eines Patienten einer hohen Tröpfchenbelastung ausgesetzt ist (Llandro *et al.*, 2021). Dabei müssen Tröpfchen unterschiedlicher Größe unterschieden werden. Vor allem Tröpfchen einer mittleren Größe von 75 µm – 400 µm haben eine kurze Flugdistanz. Besonders kleine Tröpfchen mit einem Durchmesser von weniger als 75 µm werden durch den Luftstrom weit getragen. Aber auch große Tröpfchen mit einer Größe von mehr als 400 µm können eine Distanz von 2 m oder mehr überwinden (Chen *et al.*, 2020).

Durch Blut übertragene Viren stellen eine Gefahr für zahnmedizinisches Personal dar, besonders für Oralchirurgen und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen (Porter *et al.*, 1994). Es besteht aber nicht nur die Gefahr der Transmission von Keimen auf das zahnmedizinische Team, sondern auch umgekehrt auf den Patienten. Hadler *et al.* konnten die Übertragung von Hepatitis B-Viren durch einen Zahnarzt auf 6 Patienten nachweisen (Hadler *et al.*, 1981). Der Nachweis einer Übertragung von Hepatitis B auf Patienten in 9 Fällen wurde auch durch Shaw *et al.* erbracht (Shaw *et al.*, 1986). Zu beachten ist, dass es sich in beiden Fällen um Viren und nicht um Keime handelt.

Kontakt mit Blut findet nicht nur bei invasiven Maßnahmen wie einer offenen Kürettage bei der Behandlung einer Parodontitis, sondern auch bei nicht-chirurgischen Maßnahmen wie der Durchführung einer Abformung, Zahnreinigung oder konservierenden Therapie statt.

Bei der zahnärztlichen Behandlung werden regelmäßig Zähne und Schleimhaut bearbeitet. Dabei können Tröpfchen entstehen, die ebenfalls kontaminiert sind und so zur Keimübertragung führen können. Diese Tröpfchen besitzen eine Teilchengröße von zirka 50 µm und können bis in die Bronchien vordringen (Veena *et al.*, 2015).

Weiterhin spielen Aerosole im zahnmedizinischen Alltag eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Dabei handelt es sich um Suspensionen fester oder flüssiger Partikel mit einer maximalen Teilchengröße kleiner als 50 µm (Veena *et al.*, 2015). Diese entstehen bei Arbeiten mit rotierenden Instrumenten oder Ultraschallinstrumenten. Die Verteilung von Keimen durch die Aerosole bei Ultraschallreinigung wurde in einer Studie durch Singh *et al.* beschrieben (Singh *et al.*, 2016). Dabei zeigte sich, dass bei dieser Form der Behandlung eine besonders hohe Keimlast in der Luft entsteht. Bei den dabei nachgewiesenen Mikroorganismen handelt es sich um Staphylokokken und Streptokokken – im Speziellen *Staphylococcus aureus* und *Staphylococcus epidermidis*. Ebenfalls beschrieben wurde die erhöhte Keimbelastung bei Tätigkeit mit Ultraschallinstrumenten durch die Forschergruppe um Veena (Veena *et al.*, 2015). In dieser Arbeit wird darauf hingewiesen, dass es zur Kontamination des Zahnarztes beziehungsweise der Zahnärztin und auch des Assistenten beziehungsweise der Assistentin kommt.

Auch Kimmerle *et al.* beschreiben in ihrer Untersuchung von 2012 die Übertragung von keimhaltigen Aerosolen in zahnmedizinischen Behandlungseinrichtungen mit mehreren Behandlungsstühlen bei paralleler oder anschließender Behandlung. Streptokokkenhaltige Aerosole konnten noch 24 Stunden nach Benutzung einer dentalen Turbine nachgewiesen werden. Zahnmedizinische Eingriffe erhöhen das Bakterienlevel in der Luft (Kimmerle *et al.*, 2012). Bioaerosole stellen ein Gesundheitsrisiko für das zahnmedizinische Personal und die Patienten dar. Besonders ältere Patienten und Personen mit Lungenerkrankungen sind gefährdet (Zemouri *et al.*, 2017).

Es bestehen demnach vielfältige Möglichkeiten, dass Keime zwischen beiden Personengruppen ausgetauscht werden.

Herkunft nosokomialer Infektionen

Generell können die Keime, die nosokomiale Infektionen auslösen, endogener oder exogener Herkunft sein. Bei einer endogenen Erregerquelle handelt es sich um die körpereigene Flora

des Patienten, bei einer exogenen hingegen um Erreger aus der unbelebten Umwelt oder von Keimträgern. Nach den Untersuchungen der Forschergruppe um Gastmaier (Gastmaier *et al.*, 2010) sind etwa 13 % der Infektionen exogener Herkunft. Der Nachweis der Übertragung des speziellen Keims von einem auf den nächsten Patienten wurde über eine genotypische Bestimmung geführt. Dabei galt eine Übertragung als bewiesen, wenn es sich bei dem Erreger beider Patienten um den gleichen Stamm mit identischem Genotyp handelte und der Erregerauftritt zur gleichen Zeit in der gleichen Einrichtung vorkam (Gastmaier *et al.*, 2010).

Ursachen nosokomialer Infektionen

Die ursächlichen Faktoren für die Entstehung einer nosokomialen Infektion sind Patientenfaktoren, Umwelt, Technologie und menschliche Faktoren (Geffers *et al.*, 2002). Der Patientenfaktor umfasst das persönliche Risiko des Patienten, aufgrund des durch das Grundleiden reduzierten Allgemeinzustandes leichter eine Infektion zu erleiden. Bei den Umweltfaktoren ist die räumliche Nähe zu Erregern im Krankenhaus wie beispielsweise die Nähe zu infizierten Patienten oder Geräten von Bedeutung. Durch medizinische Geräte zur Überwachung und Pflege können ebenfalls Übertragungswege entstehen (Faktor Technologie). Auch medizinisches Personal kann eine Übertragungsquelle darstellen (Faktor Mensch). Zur Vermeidung dieser Übertragungswege hat die Hygiene größte Bedeutung. Es besteht jedoch das Risiko, dass vorgeschriebene Hygienestandards und Verhaltensmaßnahmen aufgrund von Zeitmangel nicht eingehalten werden (Geffers *et al.*, 2002). Zum Teil werden Handschuhe zwischen zahnärztlichen Maßnahmen (Papierarbeit und Arbeit am Patienten beispielsweise) gar nicht gewechselt oder keine Händedesinfektion durchgeführt. Nur ein kleiner Prozentsatz der Zahnmediziner hält eine geeignete Händehygiene beim Wechsel der Handschuhe ein (Mutters *et al.*, 2014).

2.1.2 Hygienemaßnahmen durch zahnärztliches Personal

Die angewendeten Hygienemaßnahmen dienen sowohl dem Schutz des Patienten als auch dem Schutz des Personals. Die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) empfiehlt zur Prävention Händehygiene, Impfprophylaxe, Beschäftigungsbeschränkungen für infizierte Mitarbeiter und Schutz vor Kontamination (Becker *et al.*, 2005). Zur Händehygiene gehört das Händewaschen zu Arbeitsbeginn und am Ende der Arbeit. Weiterhin umfasst sie die hygienische Händedesinfektion vor aseptischen Tätigkeiten, vor Patientenkontakt, nach aseptischem Patientenkontakt, nach Kontamination und nach Kontakt mit der Umgebung des Patienten. Die chirurgische Händedesinfektion wird vor umfangreichen

chirurgischen Eingriffen angewendet (Becker *et. al.*, 2005). Fingerringe beziehungsweise Handschmuck sollten abgelegt werden. Naeem et al. konnten nachweisen, dass die Haut an Händen mit Ringen deutlich mehr Belastung an Bakterien und Pilzen aufweist (Naeem *et al.*, 2015).

Unter die Impfprophylaxe fällt die Schutzimpfung gegen Hepatitis B, die der Arbeitgeber anbieten muss. Eine Impfung gegen Diphtherie und Tetanus ist empfehlenswert (Becker *et. al.*, 2005).

Da von infiziertem Personal ebenfalls ein Infektionsrisiko ausgeht, sind Beschäftigungsbeschränkungen festzulegen. Akut infiziertes Personal sollte keine Tätigkeit ausführen, es sei denn, es handelt sich um banale Infektionen beziehungsweise um solche, die mit Schutzmaßnahmen in ihrer Übertragbarkeit minimiert werden können. Ob eine weitere Beschäftigung generell unmöglich ist oder lediglich der Tätigkeitsbereich verschoben oder beschränkt werden muss, hat im Zweifelsfall der behandelnde Arzt oder Betriebsarzt zu beurteilen. Eine zuständige Behörde kann gegebenenfalls ein Tätigkeitsverbot aussprechen, wenn eine Übertragung der Infektion auf weitere Personen nicht auszuschließen ist (Becker *et. al.*, 2005).

Zum Kontaminationsschutz gehören intraorale Barrieren. Ein Beispiel dafür ist der Kofferdam. Die Abdeckung der unmittelbaren Patientenumgebung aufgrund von Aerosolen und Tröpfchen sollte ebenfalls durchgeführt werden. Eine geeignete Absaugtechnik mit einem großlumigen Sauger kann die Keimzahl signifikant reduzieren. Besonders effektiv ist dies in Kombination mit einer Spülung des Mundraums mit Chlorhexidin vor der Behandlung, wie Sawhney et al. in einer Studie nachweisen konnten (Sawhney *et al.*, 2015). Weiterhin sind die Greifdisziplin und rationelles Instrumentieren zu beachten. Das zahnärztliche Personal und der Behandler sollten eine persönliche Schutzausrüstung tragen (Becker *et. al.*, 2005).

Die Schutzausrüstung setzt sich zusammen aus Arbeitskleidung, die bei Kontaminationsgefahr mit Schutzkleidung wie einem Kittel oder einer Schürze überdeckt wird. Zudem sollte eine Schutzbrille getragen werden (Becker *et al.*, 2005). Das Tragen einer Schutzbrille wurde ebenfalls schon 1971 durch Miller et al. empfohlen (Miller *et al.*, 1971). Diese ist bei Verschmutzung zu reinigen und zu desinfizieren. Außerdem sind Schutzhandschuhe und eine Mund-Nasen-Schutzmaske anzulegen. Die Handschuhe sind vor der Behandlung eines neuen Patienten zu wechseln. Die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention empfiehlt, die Mund-Nasen-Schutzmaske „bei Verschmutzung und Durchfeuchtung zu wechseln“ (Becker *et. al.*, 2005).

Die Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH) gibt zum Thema Schutzausrüstung in Pflegeberufen ebenfalls Empfehlungen heraus (Nußbaum *et al.*, 2016). In Bezug auf die Arbeitskleidung werden dabei als Anforderungen helle Farben und ein Baumwoll- oder Baumwollmischgewebe genannt. Empfohlen werden ein Kurzarm-Kleid oder ein Kurzarm-Kasack und eine Hose. Die Berufskleidung sollte kombiniert chemisch-thermisch oder rein thermisch desinfizierbar sein. Gewechselt werden sollte die Dienstkleidung bei Kontamination oder im Zwei-Tages-Rhythmus, gegebenenfalls aber auch häufiger. Zu unterscheiden von der Arbeitskleidung ist die Bereichskleidung. Diese wird nur in festgelegten Bereichen getragen wie beispielsweise dem OP. Es handelt sich dabei um Einmalkleidung, die aus Baumwollmischgewebe oder Mikrofaser besteht. Sie sollte täglich oder bei Kontamination sofort gewechselt werden. Private Arbeitskleidung ist nur in Bereichen ohne besondere hygienische Anforderungen zu tragen (Nußbaum *et al.*, 2016).

Bei Schutzkitteln handelt es sich um Mehrweg- oder Einmalprodukte, die nach jeder Benutzung zu wechseln sind. Bei Mehrwegartikeln müssen diese einer Wiederaufbereitung zugeführt werden, wohingegen Einmalprodukte zu entsorgen sind. Bei den Anschaffungskosten und der Qualität der Ein- und Mehrfachprodukte gibt es deutliche Unterschiede. Ebenso verhält es sich bei den Kosten und der Wertigkeit im Bereich der Aufbereitung wiederverwendbarer Schutzkittel. Bei der Auswahl eines geeigneten Kittels sind Unterschiede bei Materialgewicht, Passform, Trageeigenschaften, Hautgefühl, Atmungsaktivität, Verschlussart etc. zu beachten. Das Größenangebot sollte an die Kleidergrößen der Mitarbeiter angepasst sein (Nußbaum *et al.*, 2015).

Ein Kittel muss die Vorderseite des Körpers bedecken und Flüssigkeitsdichtigkeit aufweisen. Er sollte zudem strapazierfähig sein. Der Schutzkittel dient der Abwehr von Blut, Bakterien, Viren etc. und gehört zur persönlichen Schutzausrüstung. Die zu erfüllenden Normen finden sich in der DIN EN 14126. Im Fall von Isolationspatienten sind andere Ansprüche an einen Kittel zu stellen. Die dabei verwendeten Schutzkittel sollten lange Ärmel mit Bündchen aufweisen, die dicht schließen. Außerdem sollten sie eine ausreichende Länge haben sowie gut und einfach am Rücken verschließbar sein. Das Material sollte strapazierfähig sein. Bei Besucherkitteln werden diese hohen Ansprüche nicht gefordert und eingehalten (Nußbaum *et al.*, 2015).

Die DGKH empfiehlt, dass Dienstschuhe „bequem, rutschhemmend, desinfizierbar und mit geschlossener Ferse/Fersenriemen“ (Nußbaum *et al.*, 2016) sein sollten.

Speziell bei infektiösen Patienten oder größeren chirurgischen Eingriffen wie beispielsweise im Bereich der Oralchirurgie oder der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie kann das Tragen eines

Kopfharschutztes notwendig sein. Dabei handelt es sich um Einwegprodukte, die flüssigkeitsabweisend und haarundurchlässig sein müssen (Nußbaum *et al.*, 2016).

Weiterhin bestehen Flüssigkeitsdichtigkeit mit seitlichem Augenschutz und Desinfizierbarkeit als Anforderung an einen zu tragenden Augenschutz (Nußbaum *et al.*, 2016).

In Bezug auf Mund-Nasen-Schutzmasken empfiehlt die DGKH zum „Personalschutz vor Kontamination mit organischem/infektiösem Material oder Patientenschutz (Protektivschutz)“ (Nußbaum *et al.*, 2016) einen flüssigkeitsdichten, mehrlagigen Mundschutz mit guter Passform, der Mund, Nase und Bart bedeckt. Zusätzlich zu den Wechselempfehlungen des Robert Koch-Instituts wird das Anlegen eines neuen Mundschutzes nach jeder Benutzung empfohlen.

Die Wahl eines Atemschutzes (FFP2 und FFP3) ist bei Aerosol-übertragbaren oder hoch ansteckenden Krankheiten angebracht (Nußbaum *et al.*, 2016). Dieser muss dicht sitzen und wird nach jedem Gebrauch sowie bei sichtbarer Verschmutzung gewechselt. Es sollte ebenfalls auf die Herstellerangaben zu Wechselempfehlungen geachtet werden. Atemschutzmasken dürfen nicht abgesetzt und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgesetzt werden. Es handelt sich um Einmalprodukte, die nach Benutzung zu entsorgen sind.

Handschuhe sind bei der Versorgung von Patienten zu tragen, um das Personal vor Kontamination mit potentiell infektiösem Material zu schützen. Das Material der Handschuhe wird je nach Anforderung des Tätigkeitsbereiches gewählt. Dabei müssen sie eine gute Dichtigkeit und Stabilität sowie Reißfestigkeit aufweisen. Ebenso sollte eine ausreichende Elastizität bei gutem Tastvermögen gegeben sein. Handschuhe sollten ungepudert sein und können je nach Einsatzbereich steril oder unsteril sein. Je nach Einsatzbereich sind spezielle Anforderungen zu erfüllen. Nach der Verwendung sind Handschuhe direkt zu entsorgen und die Hände einer hygienischen Händedesinfektion zu unterziehen. Es muss jedoch beachtet werden, dass Handschuhe nicht vor Verletzungen schützen. Um Material und Hautschäden zu vermeiden, sollten Handschuhe nicht mit feuchten Händen angezogen werden (Nußbaum *et al.*, 2016).

Besonders im Hinblick auf die Corona-Pandemie zeigt sich die Bedeutung von suffizienter Schutzkleidung und geeigneten Maßnahmen zur Vermeidung der Transmission von Mikroorganismen. Vor dem Einbestellen des Patienten ist es wichtig schon am Telefon eine Anamnese bezüglich des Corona-Status des Patienten durchzuführen, wodurch der Patient einer der folgenden drei Gruppen zugeordnet werden kann: 1) Patient mit typischen Symptomen einer Erkältung, Grippe oder grippeähnlicher Erkrankung, einschließlich SARS-CoV-2-positiver Patienten; 2) Patienten ohne Symptome mit unklarem COVID-19-Status; 3) Hochrisikopatienten, bei denen im Falle einer Corona-Erkrankung mit schwerwiegenden

Verläufen zu rechnen ist. Es sollte so einbestellt werden, dass sich nur ein Patient pro Zeiteinheit im Behandlungsbereich aufhält (Rupf *et al.*, 2020). Da SARS-CoV-2 seine Eintrittspforte vor allem im Angiotensin-Converting-Enzyme 2 (ACE2) auf mukosalem Gewebe findet, sind die Mundhöhle, der Respirationstrakt und die Augen zu schützen. Durch Husten und Niesen und besonders durch die Wasserkühlung dentaler Einheiten bilden sich infektiöse Bioaerosole, die zu einer Transmission von Mikroorganismen führen können (Volgenant *et al.*, 2020). Für Beschäftigte im zahnärztlichen Bereich besteht demnach eine hohe Infektionsgefahr. Während der Behandlung sollten FFP2/N95/KN95-Masken getragen werden (Rupf *et al.*, 2020), da sie Partikel effektiver filtern (Volgenant *et al.*, 2020). Außerdem sollte eine Schutzbrille oder ein Schutzschild benutzt werden (Rupf *et al.*, 2020; Volgenant *et al.*, 2020). Zusätzlich werden ein Overall, eine chirurgische Haube und doppelte Handschuhe sowie desinfizierbare Fußbekleidung empfohlen. Im Rahmen der hohen Belastung durch die Schutzkleidung empfiehlt es sich, wenn möglich, in Teams zu arbeiten (Rupf *et al.*, 2020).

2.1.3 Übersicht über Händedesinfektionsmittel

Eine Desinfektion sollte die Keimlast um 5 log-Stufen, also um das Hunderttausendfache, verringern mit dem Ziel, eine Infektion zu unterbinden.

Als Wirkstoffe in Desinfektionsmitteln für Hände stehen kurzkettige Alkohole zur Verfügung. Zu diesen zählen Ethanol, Propanol und Isopropanol. Es ist möglich sie als Einzelwirkstoffe einzusetzen oder sie miteinander zu kombinieren. Als Wirkmechanismus liegt eine nicht spezifische Denaturierung von Membranproteinen von Mikroorganismen zugrunde, gegen die so ein breit aufgestelltes Wirkspektrum besteht. Je nach Erreger sind unterschiedliche Einwirkzeiten einzuhalten. Im Fall von unbehüllten Viren wird eine längere Einwirkdauer vorausgesetzt. Die verwendeten Stoffe sind lokal gut verträglich und weisen kein Sensibilisierungspotenzial auf. Die genannten Alkohole sind als nicht mutagen, teratogen oder kanzerogen einzustufen. Die Resorption ist gering. Es ist außerdem zu erwähnen, dass die Wirkstoffe hautverträglicher sind als Händewaschmittel. Vorteilhaft ist ebenso das Fehlen einer Resistenzentwicklung und eine schnelle Lufttrocknung (Hübner *et al.*, 2016).

Ethanol ist besser gewebeverträglich als Isopropanol. Gegenüber beiden Propanolen stellt sich eine verringerte Inhalationstoxizität und eine stärkere Wirksamkeit gegen unbehüllte Viren dar. Schon ab einer Konzentration von 10 % wirkt es mikrobiostatisch. Bei mehr als 30 % wird eine mikrobiozide Wirkung erreicht. Mikrobiozid bedeutet, dass eine abtötende Wirkung auf Mikroorganismen vorliegt. Die optimale Konzentration zur Verringerung von Bakterien liegt bei 70 % bis 80 %, wohingegen zur Reduktion von unbehüllten Viren eine Konzentration von

mehr als 80 % eingesetzt werden muss. Als Einzelsubstanz wird es mit Konzentrationen von 50 % bis 96 % verwendet. Zur Vermittlung der Wirkung benötigt Ethanol Wasser, weshalb kein einhundertprozentiges eingesetzt wird. Die Haut bietet für hoch konzentrierte Lösungen ein gutes Wirkgebiet aufgrund ihrer natürlichen Feuchtigkeit (Hübner *et al.*, 2016).

N-Propanol ist der antibakteriell wirksamste Alkohol im Vergleich zu Ethanol und Isopropanol. Die Mikrobiozidie beginnt ab 13 % Konzentration. Das Optimum bei der Wirksamkeit gegen Bakterien befindet sich zwischen 50 % und 60 %. Bei n-Propanol handelt es sich um das am stärksten gegen Noroviren wirkende Händedesinfektionsmittel (Hübner *et al.*, 2016).

Isopropanol hat eine mikrobiozide Wirkung, die jenseits von 30 % Konzentration beginnt. Das Wirkoptimum liegt zwischen 60 % und 85 %. Gegen Noroviren ist es nicht ausreichend wirksam. Die Wirkung beginnt erst ab achtzigprozentigen Lösungen (Hübner *et al.*, 2016).

Zur Kombination mit diesen Stoffen stehen verschiedene andere Alkohole zur Verfügung. Diese Zusatzstoffe dienen der Wirkverstärkung. Beispiele für solche Kombinationsstoffe sind Butan-1-ol oder Propan-1-2-diol. Glycerol hat keine mikrobiozide Wirkung. Es wird dennoch häufig beigemischt, da es die Feuchtigkeit im Stratum corneum der Epidermis bindet und die Barrierefunktion der Haut stabilisiert (Hübner *et al.*, 2016).

Abgesehen von diesen Alkoholen zur Wirkverstärkung gibt es als Kombinationspartner Stoffe, die zu einer längeren Wirkdauer führen sollen. Dies nennt sich Remanenz. Eingesetzte Substanzen sind beispielsweise Chlorhexidin, Octenidin oder quarternäre Ammoniumverbindungen. Es wurde bisher jedoch keine verbesserte Wirkung bei den Händedesinfektionen nachgewiesen. Es zeigt sich aber, dass das Risiko der Unverträglichkeit und der Resistenzentwicklung von Seiten der Erreger steigt. Als Wirkverstärker eingesetzte Stoffe wie Phosphorsäure zur Steigerung der Viruzidie zeigen gute Ergebnisse. Ebenso verhält es sich mit organischen Säuren zur Erhöhung der Wirksamkeit gegenüber unbehüllten Viren, für die als Beispiel die Zitronensäure dient (Hübner *et al.*, 2016).

Desinfektionsmittel und -verfahren werden in Wirkkategorien von A bis D eingeteilt. Unter Desinfektionsverfahren versteht man physikalische Vorgänge wie beispielsweise Verbrennen oder Dampfdesinfektionsverfahren (Robert Koch-Institut, 2017). Diese spielen im Bereich der Händedesinfektion keine Rolle.

Kategorie A umfasst die „Abtötung von vegetativen Bakterien einschließlich Mykobakterien sowie von Pilzen einschließlich Pilzsporen“ (Robert Koch-Institut, 2017). Die Kategorie B wird innerhalb der Gruppe unterteilt. Generell betrifft die Gruppe die Viruzidie. „Viruzid“ ohne weitere Zusätze bedeutet, dass von der Wirkung behüllte und unbehüllte Viren betroffen sind. Die Bezeichnung „begrenzt viruzid“ zeigt an, dass die Wirksamkeit nur behüllte Viren betrifft.

Das dritte mögliche Wirkspektrum wird mit „begrenzt viruzid PLUS“ gekennzeichnet. Dabei handelt es sich um Desinfektionsmittel oder -verfahren, die behüllte Viren, aber auch Adenoviren, Noroviren und Rotaviren betreffen. Im Rahmen der Kategorie C werden Sporen des Milzbranderreger abgetötet. Die Kategorie D kennzeichnet eine Wirksamkeit gegen Sporen der Erreger von Tetanus und Gasödem (Robert Koch-Institut, 2017).

In der Auflistung von Händedesinfektionsmitteln des Robert Koch-Instituts zeigt sich, dass das Wirkspektrum der Desinfektionsmittel hauptsächlich Kategorie A und B betrifft. Im Bereich A sind alle aufgeführten wirksam, im Bereich B gibt es jedoch deutliche Unterschiede, da dort zum Teil keine Wirkung oder nur begrenzt viruzide Wirkung erzielt wird, zum Teil aber auch vollviruzide (Robert Koch-Institut, 2017). Das passende Händedesinfektionsmittel sollte je nach gestellten Ansprüchen an das Präparat ausgewählt werden.

2.1.4 Schutzausrüstung im Mund-, Nasen- und Augenbereich

Bei der Schutzkleidung im Mund- und Nasenbereich gilt es zu beachten, dass es einen Unterschied zwischen Mund-Nasen-Schutzmasken und Atemschutzmasken gibt (Popp *et al.*, 2011). Die Mund-Nasen-Schutzmaske, die auch Operationsmaske genannt wird, dient hauptsächlich dem Schutz des Patienten vor Tröpfchen aus dem Nasen-Rachen-Raum des Personals (Popp *et al.*, 2011; Robert-Koch-Institut, 2007). Sie kann allerdings auch den Behandler schützen, indem sie Auswurf und größere Tropfen, die vom Patienten ausgehen, abfängt (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, 2020). Die Operationsmaske gehört daher zur Hygiene und Infektionsprävention (Robert-Koch-Institut, 2007). In den Bereich des Arbeitsschutzes hingegen gehören die Atemschutzmasken, da sie dem Schutz des Personals vor Infektionen dienen, die über Aerosole übertragen werden (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, 2020). Eine Mund-Nasen-Schutzmaske bietet nicht den nötigen Rückhalt, um Infektionen über dem Luftweg zu verhindern. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Operationsmasken nicht vergleichbar dicht abschließen wie Atemschutzmasken (Ruscher *et al.*, 2015). Dadurch kann an der Mund-Nasen-Schutzmaske vorbeigeatmet werden (Popp *et al.*, 2011).

Mund-Nasen-Schutzmasken werden in vier Gruppen eingeteilt. Die Einteilung erfolgt nach Leistungsanforderungen, denen die DIN-EN 14683 zugrunde liegt. Typ I-Masken haben eine bakterielle Filterleistung von 95 % oder mehr. Ebenso verhält es sich beim Typ I R. Typ I R-Masken haben jedoch eine Widerstandsfähigkeit gegen Wasserspritzer, die der Typ I nicht aufweist. Typ II- und Typ II R-Masken haben jeweils eine bakterielle Filtrationsleistung von 98 % oder mehr. Die Masken vom Typ II R sind im Gegensatz zu denen vom Typ II wiederum

resistent gegen Flüssigkeitsspritzer. Bei der Filterleistung ist allerdings zu beachten, dass nur das Material an sich getestet wird, jedoch nicht der Dichtesitz (Popp *et al.*, 2011).

Atemschutzmasken, die auch FFP oder Filtering Face Piece genannt werden, werden in drei verschiedene Klassen eingeteilt. Die Einteilung findet anhand der Gesamtleckage statt. FFP1-Masken dürfen eine Leckage von maximal 22 % aufweisen. Bei FFP2 hingegen darf die maximale Gesamtleckage nur 8 % betragen. Den geringsten Leckage-Wert weisen FFP3-Masken auf. Bei diesen liegt der Maximalwert bei 2 %. Die Abdichtung gegenüber infektiösen Aerosolen ist abhängig von der Passform der Maske. Barthaare im Bereich des Maskenrandes können die Filterleistung vermindern (Ruscher *et al.*, 2015).

Bei Filtering Face Pieces besteht ein erhöhter Atemwiderstand. Es sind Masken mit Ausatemventil verfügbar, die einen geringeren Ausatemwiderstand bieten. Partikelfiltrierende Halbmasken müssen der DIN EN 149 entsprechen (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, 2020).

Zum Schutz der Augen stehen Schutzbrillen und Schutzschilde zur Verfügung. Diese wehren Spritzer und feste Partikel ab, wobei zu beachten ist, dass ein Schutzschild keine Mund-Nasen-Schutzmaske ersetzt. Schutzbrillen sollen einen seitlichen Schutz aufweisen. Nach Benutzung muss eine Desinfektion mit einem alkoholischen Flächendesinfektionsmittel durchgeführt werden (Deutscher Arbeitskreis für Hygiene in der Zahnmedizin, 2018).

2.1.5 Schutzhandschuhe – Materialien und Eigenschaften

Verschiedene Materialien stehen bei Handschuhen zur Verfügung. Der erste zu nennende Vertreter ist Latex. Dieser Stoff zeichnet sich durch hohen Tragekomfort, starke Dehnbarkeit und gute Eigenschaften beim Greifen aus. Da der Handschuh die Hand straff umschließt, ergibt sich eine gute Passform mit enganliegender Stulpe. Nachteilig zu bewerten ist das allergene Potential des Materials sowie die Reaktion des Latex mit Körperfett und Sekreten bei längerem chirurgischem Einsatz, wodurch es zur Erweichung und Ausdehnung des Latexanteils kommt. Naturlatex bietet jedoch den Vorteil der Biodegradierbarkeit in einem Zeitraum von drei Monaten und niedrige Rohstoffkosten (Arbeitskreis der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften, 2009).

Als Alternative zu natürlichem Latex gibt es aus künstlichen Nitrilpolymeren bestehende Nitrilhandschuhe. Dieser Stoff dient ebenfalls als Material für Einmalhandschuhe. Sensibilisierungsreaktionen sind hierbei seltener. Zu beachten ist im Zusammenhang die Perforationsrate nach Benutzung der Handschuhe. Diese liegt bei 6 % bis 9 % und zum Teil

auch höher. Weiterhin liegt die Stulpe durch die geringe Dehnbarkeit des Stoffes nur locker an (Arbeitskreis der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften, 2009).

In unsterilen Bereichen werden oftmals Schutzhandschuhe aus Polyvinylchlorid, kurz PVC, eingesetzt. Grund dafür sind geringe Kosten. Das Problem bei PVC-Handschuhen ist die hohe Fehlerrate, wobei die Fehler meist in der Region der Fingerkuppen liegen. Die Handschuhe liegen nicht eng an. Durch ihre geringe Elastizität weisen sie keinen guten Sitz auf (Arbeitskreis der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften, 2009).

Weiterhin sind Schutzhandschuhe aus Polyethylen (PE) erhältlich (Nußbaum *et al.*, 2016).

Schutzhandschuhe für medizinische Eingriffe werden steril und unsteril angeboten. Für unsteriles Arbeiten bei geringen mechanischen Ansprüchen an das Material eignen sich PE-Handschuhe. Bei hoher mechanischer Belastung sollten Latex-Handschuhe benutzt werden. Liegt eine Latex-Allergie vor, sollten zur Untersuchung latexfreie Handschuhe angewendet werden. Nitril-Handschuhe werden bei Arbeiten mit Desinfektionsmittel und zur Reinigung empfohlen (Nußbaum *et al.*, 2016).

Zur Benutzung im sterilen Bereich bei niedriger mechanischer Belastung kommen ebenfalls Polyethylen-Handschuhe in Betracht. Diese können beispielsweise als Zweithandschuh bei Verdacht auf Latexallergie zum Unterziehen angewendet werden. Bei Arbeiten mit hohen mechanischen Anforderungen können analog zu unsterilen Handschuhen Latex oder latexfreie Materialien verwendet werden (Nußbaum *et al.*, 2016).

Generell ist zu beachten, dass bei alltäglichen Maßnahmen eine bakterielle Kontamination der Handschuhe stattfindet (Picheansanthian *et al.*, 2015). Die Gefahr der Übertragung von Keimen steigt, wenn die Handschuhe zwischen verschiedenen Prozessen nicht gewechselt werden. Daher sollte auf einen geeigneten Umgang bei der Verwendung von Handschuhen geachtet werden (Loveday *et al.*, 2014).

2.1.6 Definition der Flora der Haut, des Mundes und der Nase

Die Haut stellt als Teil der Abwehr eine Barriere gegenüber äußeren Einflüssen dar (Kwiecien *et al.*, 2019). Im Mikrobiom der Haut zeigen sich große interpersonelle Unterschiede (Zeeuwen *et al.*, 2013). Kommensale Hautkeime müssen dazu in einem sauren und nährstoffarmen Milieu resident werden. Im Mikrobiom der Haut können unter anderem *Staphylococcus aureus*, *Propionibacterium acnes* oder *Staphylococcus epidermidis* gefunden werden (Byrd *et al.*, 2018). *S. epidermidis* und *P. acnes* liegen prädominant in der Hautflora vor (Christensen *et al.*, 2014). *S. aureus* findet sich bei zirka 30 % der humanen Population (Machado *et al.*, 2019). Es handelt sich um fakultativ pathogene Keime, die im Normalfall die Abwehr unterstützen, im

Fälle eines Ungleichgewichts im Mikrobiom jedoch zu Erkrankungen führen können (Chen *et al.*, 2019; Christensen *et al.*, 2014). In einer mikrobiellen Besiedlung, die sich im Gleichgewicht befindet, weist *S. epidermidis* eine antimikrobielle Wirkung auf (Christensen *et al.*, 2014). Dadurch verhindert *S. epidermidis* ein übermäßiges Wachstum von Keimen wie *S. aureus* (Otto, 2009). *S. aureus* kann in einem Mikrobiom, das sich im Ungleichgewicht befindet, Erkrankungen auslösen (Dréno *et al.*, 2016), die von einer Hautinfektion bis zur lethalen Sepsis reichen (Machado *et al.*, 2019). Als normales Hautmikrobiom beschreiben Jo *et al.* Außerdem Malassezia-Spezies wie *Malassezia globosa*, *Malassezia restricta* und *Malassezia sympodialis* (Jo *et al.*, 2017).

Das normale Mikrobiom der Nase setzt sich aus unterschiedlichen Keimen zusammen, die zum Teil auch auf der Haut gefunden werden können. So finden sich unter anderem *S. aureus* (Gen *et al.*, 2017), *S. epidermidis* und *P. acnes* (Fekete *et al.*, 2019). Ein weiterer Vertreter der Normalflora der Nase ist *Streptococcus oralis*, der zur Streptokokkus-mitis-Gruppe gehört. Dieser Keim kann bei immundefizienten Personen zu einer Meningitis führen (Patel *et al.*, 2019). Zum Mikrobiom der Nase gehört weiterhin die Gruppe der Corynebakterien (Fekete *et al.*, 2019).

Die orale Flora wird auch als orales Mikrobiom bezeichnet. Mikroorganismen finden sich in der Mundhöhle, aber auch planktonisch im Speichel (Samaranayake *et al.*, 2017). Betrachtet man die Mundhöhle als mikrobielle Nische, zeigen sich Zähne, Zunge, Wangenregion und der Gaumen als Lebensraum (Fekete *et al.*, 2019). Die häufigsten residenten Vertreter sind Streptokokken (Hamada *et al.*, 1980), Veillonella, Gemella (Aas *et al.*, 2005), Rothia, Fusobakterien und Neisserien (Fekete *et al.*, 2019). Insgesamt finden sich im Mikrobiom des Mundes 500-700 Spezies. Unter anderem können *Streptococcus parasanguinis*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus sanguinis*, *Streptococcus infantis*, *Streptococcus mitis*, *S. oralis*, *Streptococcus constellatus*, *Streptococcus anginosus* und *Streptococcus intermedius* nachgewiesen werden. Unter anderem findet sich auch *Streptococcus mutans* (Dewhirst *et al.*, 2010), der als wichtiger Akteur bei der Entstehung von Karies eine Rolle spielt (Krzyściak *et al.*, 2014). Zur Mundflora gehören weiterhin *Enterococcus faecalis*, Lactobacillus-Spezies, *Bacillus clausii* und *Bacillus subtilis*. Zu den im Mikrobiom nachweisbaren Staphylokokken gehören vor allem *S. aureus*, *Staphylococcus caprae* und *S. epidermidis* (Dewhirst *et al.*, 2010). Änderungen in der Mundhöhle führen auch zur Veränderung des Mikrobioms. So kann beispielsweise das Einbringen einer festsitzenden orthodontischen Apparatur in den Mundraum durch Veränderung der Flora zu einer signifikanten Steigerung des Gingivitis- und Kariesrisikos führen (Reichardt *et al.*, 2019).

Keimspektrum der Karies

Grundlegend bei der Entstehung der Karies ist die Fähigkeit von bestimmten Keimen, multidimensionale Komplexe auf der Zahnoberfläche zu bilden (Krzysciak *et al.*, 2014). Auf den Zähnen bildet sich die natürlicherweise vorliegende Pellikelschicht, die sich aus makromolekularen Komponenten des Speichels zusammensetzt. Diese Schicht dient unter anderem dem Schutz vor Zahnerosionen (Hannig *et al.*, 2014). Die Pellikelschicht ist bakterienfrei (Hannig *et al.*, 2005). Allerdings bietet sie Keimen die Möglichkeit, sich auf der Oberfläche anzuhafte. *S. mutans* ist in der Lage, mit der Pellikelschicht zu interagieren. Schlüsselpunkt für die Pathogenität der Streptokokken ist die Ausbildung von langen Filamentstrukturen, die Ädhäsionsstellen für Wirt und Keime sind (Krzysciak *et al.*, 2014). Weitere Streptokokken wie *S. mitis*, *S. oralis*, *S. sanguinis*, *Streptococcus gordinii* und *Streptococcus sobrinus* können Anteil an der Entstehung und der Progression einer Karies haben (Bourgeois *et al.*, 2017).

Dentinkaries kann sich erst nach einem Einbruch des Schmelzes bilden (Takahashi *et al.*, 2016). Laktobazillus-Spezies gehören ebenfalls zu kariogenen Pathogenen. Da ihnen die Fähigkeit zur Anhaftung an harten Glattflächen fehlt, sind sie überwiegend bei Dentinkaries vorzufinden (Bourgeois *et al.*, 2017; Inquimbert *et al.*, 2019).

In dentaler Karies finden sich weiterhin *Rothia dentocariosa* und Propionibakterien-Spezies (Aas *et al.*, 2008; Munson *et al.*, 2004).

Aktinomyzeten-Spezies sind ebenfalls in kariogenen Läsionen nachweisbar. Sie können bei immundefizienten Patienten zu pulmonalen Infektionen führen (Crisafulli *et al.*, 2019). Aktinomyzeten und Streptokokken sind im oralen Bereich vor allem Ursache für Wurzelkaries (Takahashi *et al.*, 2016). Bifidobakterien und Laktobazillen können ebenso in kariösen Läsionen im Wurzelbereich nachgewiesen werden (Hashimoto *et al.*, 2011). Auch Kressirer *et al.* wiesen Laktobazillen, Aktinomyzeten, Bifidobakterien und Streptokokken, aber ebenso *Scardovia*-Spezies als mikrobielle Flora einer Karies nach (Kressirer *et al.*, 2018). Im Unterschied zur Schmelzkaries beschreiben sie Laktobazillen und *Prevotella*-Spezies (Kressirer *et al.*, 2018; Kianoush *et al.*, 2014).

E. faecalis ist nicht nur bei Karies anzutreffen, sondern auch bei endodontalen Läsionen und Parodontitis (Bourgeois *et al.*, 2017). Kariesbedingt exponiertes Pulpagewebe weist nach Chalmers *et al.* eine ähnliche mikrobielle Flora auf wie dentale Karies (Chalmers *et al.*, 2015). Bei Kindern ist zu beobachten, dass diejenigen mit „Early Childhood Caries“ eine höhere Kariesaktivität im bleibenden Gebiss aufweisen (Dülgeril *et al.*, 2012).

Keimspektrum der Gingivitis und Parodontitis

Das Epithel der Gingiva dient als physikalische und immunologische Barriere gegenüber Keimen. Im Fall der Gingivitis finden sich im Mikrobiom vor allem Fusobakterien- und Prevotella-Spezies (Brown *et al.*, 2019). Im Fall einer nicht plaqueinduzierten Gingivitis wird eine Entzündung ausgelöst, die nicht im Zusammenhang mit Bakterien steht. Meist ist diese Form der Gingivitis ein Ausdruck systemischer Erkrankungen oder pathologischer Veränderungen der Schleimhaut (Holmstrup *et al.*, 2018).

Bei der nekrotisierend-ulzerierenden Gingivitis als besonders massive Form der Zahnfleischentzündung können vor allem Treponema-Spezies, Selenomonas-Spezies, Fusobakterium-Spezies und *Prevotella intermedia* nachgewiesen werden (Malek *et al.*, 2017).

Parodontitis ist eine durch Bakterien verursachte Erkrankung, die den Halteapparat der Zähne schädigt. Durch eine Parodontitis kann aber auch eine Bakteriämie ausgelöst werden (Gheorghita *et al.*, 2019). *Porphyromonas gingivalis* als parodontopathogener Keim (Bourgeois *et al.*, 2017; Brown *et al.*, 2019) kann Gefäßwände durchdringen und so Ursache für kardiovaskuläre Erkrankungen sein (Gheorghita *et al.*, 2017). Neben *P. gingivalis* spielen bei einer parodontalen Infektion auch *Treponema denticola* und *Tannerella forsythia* eine wichtige Rolle (Brown *et al.*, 2019; Zemouri *et al.*, 2019; Rovai *et al.*, 2019). Den Weg für die Besiedlung der Gingiva und des Zahnhalteapparates durch dieser Keime ebnet *P. intermedia*, *Prevotella nigrescens*, *Prevotella micros* und *Fusobacterium nucleatum* (Mohanty *et al.*, 2019).

Parodontale Erkrankungen stehen ebenfalls im Zusammenhang mit Frühgeburten (Sgolastra *et al.*, 2013). *T. denticola* und *P. gingivalis* als parodontale Keime konnten in Plazentas bei Präeklampsie nachgewiesen werden (Opacic *et al.*, 2019; Chaparro *et al.*, 2013). Auch Hartnett *et al.* beschreiben die Notwendigkeit einer suffizienten Mundhygiene in der Schwangerschaft (Hartnett *et al.*, 2016).

E. faecalis kann ebenfalls in der Flora der Parodontitis gefunden werden (Bourgeois *et al.*, 2017). Weitere wichtige Parodontopathogene stellen *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (Gheorghita *et al.*, 2019) und *F. nucleatum* (Rovai *et al.*, 2019) dar. Auch Aktinomyzeten zählen zu Erregern der Parodontitis (Crisafulli *et al.*, 2019) und können in supra- und subgingivaler Plaque nachgewiesen werden (Könönen *et al.*, 2015).

Keimspektrum endodontaler Läsionen

Endodontale Läsionen sind durch Biofilme vermittelte Erkrankungen (Yoo *et al.*, 2019). Im Zusammenhang mit der Betrachtung des Keimspektrums endodontaler Läsionen ist ein besonderes Augenmerk auf das spezielle Milieu im Wurzelkanalsystem zu legen. Innerhalb des Zahnes steht eine geringe oder keine Sauerstoffmenge zur Verfügung, wodurch in der bakteriellen endodontalen Flora vor allem Anaerobier überwiegen (Dioguardi *et al.*, 2019). Bei einer persistierenden endodontalen Infektion finden sich vorwiegend *E. faecalis* (Bourgeois *et al.*, 2017), Aktinomyzeten und *Propionibacterium propionicum*. Weitere Keime des Mikrobioms endodontaler Läsionen sind *F. nucleatum*, *Porphyromonas endodontalis*, *Capnocytophaga rectus*, *P. intermedia*, *Peptostreptococcus micros* und *P. anaerobius* (Dioguardi *et al.*, 2019).

Wurzelkanäle mit primär endodontaler Infektion weisen mehr Bakterien auf als sekundär infizierte (Blome *et al.*, 2008).

Kombinierte parodontal-endodontale Läsionen weisen im Wurzelkanalbereich ein ähnliches Keimspektrum auf wie in parodontalen Taschen (Rovai *et al.*, 2019).

Die Persistenz von Keimen kann ein Grund für Misserfolg bei endodontalen Behandlungen sein (Prada *et al.*, 2019; Tabassum *et al.*, 2016; Siqueira, 2001). Bei den häufig ursächlichen Keimen handelt es sich um *E. faecalis*, *F. nucleatum* und Propionibakterium-Spezies (Prada *et al.*, 2019; Rôcas *et al.*, 2012). Rôcas und Siqueira beschreiben außerdem Streptokokken und *Pseudoramibacter alactolyticus* als nachweisbare Keime bei der Wurzelkanalrevision (Rôcas *et al.*, 2012). Bei der Betrachtung persistenter periapikaler Läsionen nach endodontischer Behandlung wiesen Antunes *et al.* außerdem *Actinobacteria phylum* nach (Antunes *et al.*, 2015).

2.1.7 Keimspektrum dentaler und nicht-dentaler Aerosole

Durch zahnmedizinische Maßnahmen wie beispielsweise den Einsatz dentaler Turbinen wird die Bakterienlast der Luft massiv gesteigert. Dies geschieht durch Aerosolbildung. Diese Aerosole können noch 24 Stunden nach ihrer Entstehung nachgewiesen werden (Kimmerle *et al.*, 2012).

Kimmerle *et al.* beschreiben in ihrer Arbeit die Unterschiede der Aerosole in einer zahnmedizinischen Klinik mit 15 offenen Behandlungsboxen, einer zahnmedizinischen Praxis und einem öffentlichen, nicht medizinischen Bereich. Die Ergebnisse wurden in die sechs Gruppen „Koagulasenegative Staphylokokken (CONS)“, „*Micrococcus luteus*“, „*Micrococcus lylae*“, „*Pseudomonas*“, „*Aspergillus*“ und „Andere“ eingeteilt. Die Gruppe der „CONS“

umfasst *S. epidermidis* und *Staphylococcus haemolyticus* sowie *Staphylococcus hominis* und *Staphylococcus capitis*. Unter dem Begriff der „Pseudomonaden“ werden in der Abhandlung *Brevundimonas diminuta* und *Pseudomonas stutzeri* zusammengefasst. Zur Gruppe der „Aspergillus“ zählen *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* und *Aspergillus flavus*. In der Gruppe „Andere“ sind *Chrysemona luteda*, *Acinetobacter wolffi* und *Bacillus pumilus* beinhaltet (Kimmerle *et al.*, 2012).

Sowohl in der Klinik, der Praxis als auch im Raum des öffentlichen Ortes findet sich am häufigsten *M. luteus* im Aerosol. Dieser Keim macht bei den beiden erst genannten etwas mehr als 50 % aus, am nicht medizinischen Ort sogar mehr als 60 %. An zweiter Stelle in seiner prozentualen Menge finden sich bei allen die koagulasenegativen Staphylokokken. In der Klinik und der Praxis liegt der relative Anteil bei zirka 35 %-40 %, in der Öffentlichkeit bei etwa 25 % (Kimmerle *et al.*, 2012).

M. lylae macht in der zahnmedizinischen Klinik zirka 4,5 % aus. In der Praxis liegt der Anteil mit zirka 5,7 % etwas höher. Am höchsten ist er in der öffentlichen Umgebung mit etwa 7,1 %. Pseudomonaden bilden in der Zahnklinik eine relative Menge von etwa 2,9 %, in der Praxis zirka 1,2 % und am nicht-medizinischen Ort ungefähr 2,5 %. Die Gruppe Aspergillus liegt in der zahnmedizinischen Klinik bei zirka 1,6 %, in der Praxis bei ungefähr 1,8 % und in der nicht-zahnmedizinischen Öffentlichkeit bei etwa 0,7 %. Die Gruppe „Andere“ hat an der Gesamtmenge bei der Klinik einen prozentualen Anteil von etwa 3,5 %, in der Praxis zirka 2,8 % und in der nicht-medizinischen Umgebung ungefähr 2,4 % (Kimmerle *et al.*, 2012).

2.1.8 Ziel der Arbeit

Thema dieser Arbeit ist die Untersuchung des mikrobiellen Kontaminationspotenzials der Mund-Nasen-Schutzmaske. Es soll geprüft werden, ob von einem Mundschutz lebensfähige Keime auf die Hände übertragen werden können. Es soll somit ein bisher nicht thematisierter Übertragungsweg analysiert werden. Dafür wurden sterile Handschuhe und Mund-Nasen-Schutzmasken nach Aerosol produzierenden zahnmedizinischen Behandlungsmaßnahmen auf die Anwesenheit von kultivierbaren Mikroorganismen untersucht. Die Hypothese, die der Arbeit zu Grunde liegt, ist, dass von der Mund-Nasen-Schutzmaske Keime auf die Hände beziehungsweise Handschuhe übertragen werden und so eine Keimtransmission auf nachfolgende Patienten möglich ist.

3 Material und Methode

3.1 Probengewinnung

Eine etablierte Methode zur Untersuchung und zum Nachweis mikrobieller Kontamination stellt eine Probennahme mittels Tryptosin-Soja-Agarplatten dar. Diese wurden verwendet, um eine mikrobielle Kontamination von Schutzkleidungsbestandteilen bei fünf fest definierten Behandlungsformen zu untersuchen. Bei den betrachteten Behandlungsformen handelt es sich um „endodontische Therapie“, „Füllungstherapie“, „Inlay-Therapie“, „Parodontitis-Therapie“ und „Professionelle Zahnreinigung“. Bei der „Parodontitis-Therapie“ fand die Untersuchung des subgingivalen, bei der „Professionellen Zahnreinigung“ des supragingivalen Scalings statt. Pro Behandlungsform wurden zehn Probenreihen à drei Agarplatten genommen.

Zur Durchführung der Versuche wurde ein Ethik-Votum eingeholt. Dieses hat die Nummer 181/19.

Zur Untersuchung wurden sterile Handschuhe der Sorte Gammex© Latex (Ansell, Richmond, Australien) verwendet. Diese sind puderfrei und bestehen aus Latex.



Abbildung 1: Sterile Handschuhe Ansell Gammex© Latex, Vorderseite

Quelle: Jonas Isack



Abbildung 2: Sterile Handschuhe Ansell Gammex© Latex, Rückseite

Quelle: Jonas Isack

Als Mund-Nasen-Schutz wurden dreilagige Masken vom Typ II verwendet. Bei den verwendeten Schutzmasken handelt es sich um die Sorte BARRIER© (Mölnlycke Health Care, Göteborg, Schweden).



Abbildung 3: Mundschutz Mölnlycke Health Care BARRIER©

Quelle: Jonas Isack

Für die Versuche wurden je drei Trypton-Soja-Agarplatten (Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Deutschland) zur Untersuchung der Schutzmasken und Handschuhe verwendet. Die Platten werden auch TSA-Platten genannt. Es handelt sich dabei um nicht-selektive Nährmedien. Diese enthalten unter anderem tryptisch verdautes Casein, Sojapepton, Natriumchlorid und Agar. Ihr pH-Wert liegt bei $7,2 \pm 0,1$ (Carl Roth GmbH + Co. KG (Hg.), 2017). Der Plattendurchmesser beträgt 90 mm.



Abbildung 4: TSA-Nährmedium nativ (Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Deutschland)

Quelle: Jonas Isack

3.1.1 Klinischer Versuchsaufbau

Erforderliche zahnmedizinische Behandlungsmaßnahmen wurden hinsichtlich ihrer Kontaminationsrisiken analysiert. Durchgeführt wurden die Therapie-Maßnahmen an der Universitätsklinik des Saarlandes in der Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde.

In veröffentlichten Studien zeigte die Anwendung hochoberflächiger Präparationsinstrumente und ultraschallgetriebener Zahnreinigungsinstrumente das höchste Potential für die Bildung von Aerosolen und Tröpfchen. Daraus resultierend wurden fünf Behandlungsmodalitäten abgegrenzt, bei denen die höchste Menge an Aerosolen und Tröpfchen zu erwarten war. Dies sind: 1) Präparation von Kariesläsionen: Anwendung eines blau-beringten Präparationsdiamanten mit einem roten Winkelstück (Übersetzung 4:1) zum Aufziehen der Kavität bei 40.000 U/min, Kariesexkavation mit einem Rosenbohrer im grünen Winkelstück (Übersetzung 1:2) bei 4.500 U/min über 30 Minuten; 2) Präparation nichtkariöser Zahnhartsubstanz: Abtrag von Zahnhartsubstanz mit einem blau-beringten Präparationsdiamanten unter Nutzung eines roten Schnelllaufwinkelstücks über 30 Minuten; 3) Trepanation im Rahmen einer endodontischen Therapie: Abtrag von Zahnhartsubstanz und Aufbaufüllung mittels Präparationsdiamant bei 40.000 U/min mit einem roten Winkelstück, Abtrag von Dentin und Pulpagewebe mittels Rosenbohrer bei 4.500 U/min im grünen Winkelstück und Spülung mit Natriumhypochlorid für 30 Minuten; 4) supragingivale Zahnreinigung: Entfernung von Zahnbelägen oberhalb der Gingiva unter Verwendung eines piezo-elektronisch angetriebenen Ultraschall-Zahnsteinentfernungsgerätes für 30 Minuten; 5) subgingival-parodontale Zahnreinigung: Entfernung von Zahnbelägen in parodontalen Taschen unter Nutzung eines piezo-elektronisch angetriebenen Ultraschall-Zahnsteinentfernungsgerätes und eines Gracey-Kürettensatzes für 30 Minuten. Vor den jeweiligen Behandlungen wurden eine Reinigung und eine Desinfektion des Behandlungsplatzes durchgeführt. Vor Anlegen der Schutzkleidung wurde eine hygienische Händedesinfektion durch den Behandler und die Assistenz durchgeführt. Auf die Reihenfolge des Anlegens der Schutzkleidung wird im Verlauf des Textes genauer eingegangen. Jede Behandlung fand unter Nutzung einer kleinen Absaugung mit 3,3 mm Durchmesser und einer Hochvolumenabsaugung mit 8 mm Durchmesser statt. Die Probennahmen wurden bei einer Raumtemperatur von $21\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 %-60 % durchgeführt.

Um eine Probennahme durchzuführen, wurden drei TSA-Nährmedien benötigt und mit den Zahlen Eins, Zwei und Drei beschriftet. Ebenso wurde die Form der Behandlung vermerkt:

1) Füllungstherapie, 2) Inlay-Präparation, 3) Endodontische Behandlung, 4) Professionelle Zahnreinigung, 5) Parodontitis-Therapie.

Zu Beginn der Behandlung fand vor dem Anlegen der ersten Schutzkleidungsbestandteile eine erste hygienische Händedesinfektion statt. Daraufhin wurden zunächst die Mund-Nasen-Schutzmaske und die Schutzbrille angelegt. Nach erneuter Desinfektion der Hände wurde das erste Paar steriler Handschuhe angelegt. Nur die Schutzhandschuhe des Behandlers wurden zur Untersuchung mittels Probennahme genutzt.



Abbildung 5: Händedesinfektion

Quelle: Jonas Isack



Abbildung 6: Anlegen des ersten Paares steriler Handschuhe

Quelle: Jonas Isack

3.1.2 Durchführung einer Probennahme

Die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (Gammex© Latex, Ansell, Richmond, Australien), frische Handschuhe, mit denen nach Abschluss der Behandlung der Mundschutz

intensiv berührt wurde, sowie die bei der Behandlung getragene Mund-Nasen-Schutzmaske wurden mikrobiologisch hinsichtlich ihrer Kontamination überprüft.

Nach halbstündiger Durchführung von Therapiemaßnahmen wurde eine Probe des ersten Handschuhpaares auf der ersten TSA-Platte genommen. Es ist zu berücksichtigen, dass für fünf Sekunden gleichmäßiger, sanfter Druck auf die Platte ausgeübt wird. Zu großer Druck beschädigt das Plattenmaterial und kann das Ergebnis verfälschen.



Abbildung 7: Probennahme des Handschuhs nach Behandlung

Quelle: Sigrid Thieme-Ruffing



Abbildung 8: Intensives Berühren des Mundschutzes mit dem zweiten sterilen Handschuh nach Behandlung

Quelle: Jonas Isack

Nach dem Anlegen neuer steriler Handschuhe wurde die bereits verwendete Mund-Nasen-Schutzmaske mit diesen berührt. Damit wird das Wiederaufsetzen der bereits benutzten Maske mit frischen Schutzhandschuhen bei einem neuen Patienten nachgebildet. Die Probennahme des zweiten Handschuhpaares wurde auf dem zweiten TSA-Nährmedium durchgeführt.

Zuletzt wurde der Mundschutz von der Assistenz geöffnet und ohne Berührung der Mund-Nasen-Schutzfläche auf die letzte Probenplatte gelegt, sodass die Fläche, die zum Patienten gerichtet war, auf dem Agar zum Liegen kam.

Die Agarplatten wurden umgehend in das Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene zur weiteren Probenanalyse überführt.



Abbildung 9: Probennahme des benutzten Mundschutzes

Quelle: Prof. S. Rupf



Abbildung 10: Flow-Chart zur Durchführung der Probennahme

Quelle: Jonas Isack

3.2 Probenanalyse

3.2.1 Kultivierung der Nährmedien

Die Agarplatten wurden, nachdem sie fünf Sekunden lang mit der Maske oder den Handschuhen mit geringem Druck in Kontakt gebracht worden waren, in einem Brutschrank

des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene inkubiert. Dazu wurden die TSA-Platten für 24 Stunden zur Erstbewertung und für 48 Stunden zur Abschlussbewertung bei $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ bei 5 % CO_2 -Atmosphäre kultiviert.

Als positives Resultat wurde das Wachstum von mikrobiellen Kolonien nach zwei Tagen bewertet. Eine Probe galt als negativ, wenn kein Wachstum stattgefunden hatte.

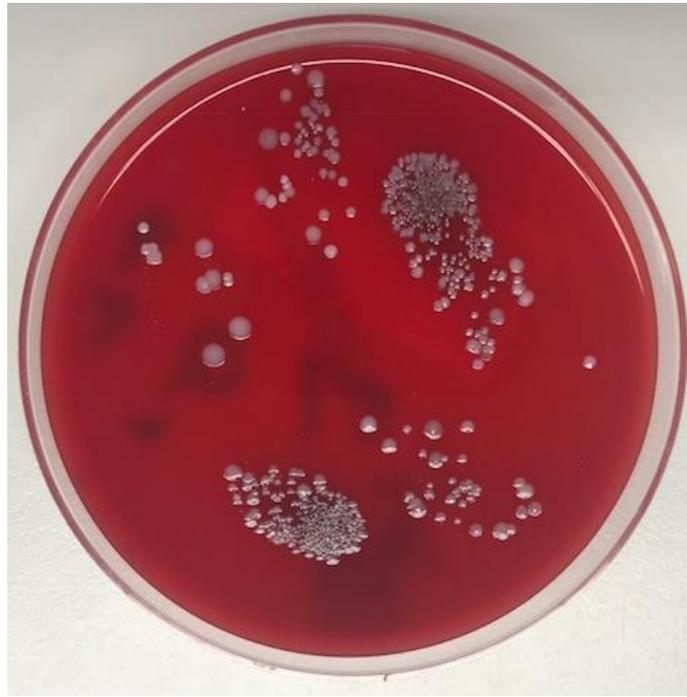


Abbildung 11: Beispielhafte Abbildung eines positiven Befundes

Quelle: Sigrid Thieme-Ruffing

Zur Kontrolle wurde eine Sterilitätsprüfung der verwendeten sterilen Handschuhe und Mund-Nasen-Schutzmasken vorgenommen. Es fand eine Probennahme von je fünf unbenutzten Schutzkleidungsstücken beider Arten auf TSA-Platten statt.

Bewertet wurde das Wachstum von Keimkolonien. War nach zweitägigem Inkubieren bei $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ bei 5 prozentiger CO_2 -Atmosphäre in einem Inkubationsschrank kein Wachstum nachweisbar, galt die Probe als negativ.

3.2.2 Quantitative Auswertung der Proben

Im Rahmen der Auswertung der Proben wurde nach zweitägiger Inkubation das Wachstum von Keimen auf den TSA-Nährmedien bewertet. Bei stattgefundenem Wachstum wurden die vorliegenden Keimarten pro Probe und deren Menge bestimmt. Die Menge wurde in koloniebildenden Einheiten (KBE) angegeben. Zur Darstellung der Intensität der Kontamination wurde ein Scoring-System angewendet, das im Folgenden erklärt wird: Das

Scoring umfasst die Grade 0 bis 3. Score 0 liegt bei fehlender Kontamination vor. Score 1 betrifft Proben mit dem Wachstum koloniebildender Einheiten von 1 bis 100. Wachstumsanzahlen von 101 bis 1000 sind in Score 2 zusammengefasst. Kontaminationen von mehr als 1000 koloniebildenden Einheiten fallen unter Score 3.

Weiterhin wurde die Anzahl positiver und negativer Proben festgehalten. Der Anteil positiver Proben wurde als absoluter und als relativer Wert festgehalten. Der relative Wert errechnete sich als Quotient aus der Anzahl der positiven Proben und der Gesamtanzahl der pro Behandlungsmodus gesammelten Ergebnisse. Dadurch war eine Aussage darüber möglich, bei welcher relativen Menge untersuchter Schutzkleidung eine mikrobielle Kontamination stattgefunden hatte und bei welchem prozentualen Anteil nicht.

3.2.3 Identifizierung von Mikroorganismen

Proben phänotypisch unterschiedlicher Kolonien der Mikroorganismen wurden in ein Massenspektrometer gegeben, um die Art der Keime zu bestimmen. Bei diesem handelte es um ein MALDI-TOF-Gerät der Firma Bruker (Microflex LT/SH, Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland) (Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene des Universitätsklinikums des Saarlandes).

Nach der Bestimmung der Art der Mikroorganismen wurde die Anzahl der gefundenen Keime bestimmt.

MALDI-TOF steht für „matrix-assisted laser desorption/ionization – time of flight“ und beschreibt ein massenspektrometrisches Untersuchungsverfahren zur Differenzierung von Bakterien- und Pilzarten anhand der Masse von Teilchen. Dazu müssen Teilchen in die Gasphase überführt, ionisiert und in einem elektrischen Feld beschleunigt werden.



Abbildung 12: MALDI-TOF

Quelle: Sigrid Thieme-Ruffing

Ein MALDI-TOF besteht aus einer Ionenquelle, einem Analysator und einem Detektor. Die zu untersuchende Probe wird Analyt genannt. Der Analyt wird unter Nutzung eines Zahnstochers gleichmäßig in geringer Masse auf einen Target-Spot (96-spot target, Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland) aufgetragen und muss an 0,2 µl Matrix (α -Cyano-4-Hydroxymizinsäure, 20 mg/dl in 0,1 % Trifluoressigsäure/Acetonitril 1:2) gebunden werden, die die Fähigkeit besitzt, bei Beschuss durch einen Laser mit bestimmter Wellenlänge Energie zu absorbieren. Die Proben werden kristallisiert und zweifach mit 0,1 % Trifluoressigsäure gewaschen. Anschließend wird die Probe in 0,1 % Trifluoressigsäure/Acetonitril 1:2 rekristallisiert. Durch die Energiezufuhr mit dem Laser wird der Analyt, der an einen Ionenträger aus der Matrix gebunden ist, in die Gasphase überführt. Die Messungen wurden im „Linear-Positiv-Modus“ ausgeführt. Dabei beträgt die Verzögerung 400 ns, die Spannung 400 kV und der Massenbereich 2-20 kDa. Pro Target-Spot wurden 240 Laserimpulse abgegeben.

Der Analysator trennt die Ionen nach Masse. Leichte Ionen erreichen den Detektor schneller als schwere. Durch das Anlegen einer Spannung findet eine Fokussierung statt und die Varianz der Geschwindigkeit der Ionen wird minimiert. Durch die unterschiedliche Flugzeit der Ionen bis zur Messung am Detektor ergibt sich ein Spektrum, das mit Hilfe einer Datenbank abgeglichen wird und so eine Identifikation des Keims ermöglicht. Die Spektren wurden mit Protein Calibration Standard I (Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland) kalibriert. Für den Fall, dass ein Spektrum keiner Bakterienart zugeordnet werden kann, wird die Probe mit „nicht differenzierbar“ gelabelt.

Zur Analyse wurde die MALDI Biotyper Compass Software (Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland) verwendet.

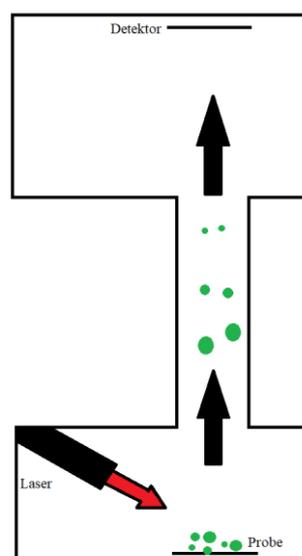


Abbildung 13: MALDI-TOF Schemazeichnung

Quelle: Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Universität des Saarlandes, modifiziert nach Jonas Isack

3.3 Statistische Auswertung

Da keine Informationen zur Kontaminationsrate von Mundschutz und Handschuhen nach der Berührung des Mundschutzes vorlagen und ebenso für die vergleichende Analyse der Behandlungsmodalitäten keine Daten verfügbar waren, wurde die Untersuchung als Pilotstudie angelegt. Nach Konsultation des Instituts für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Medizinische Informatik wurde als Gesamtumfang die Anzahl von 50 Proben, gleichmäßig verteilt auf jede Behandlungsmodalität, festgelegt.

Zur Beurteilung der statistischen Signifikanz der Scores der Proben der bei der Behandlung getragenen Handschuhe, der sterilen gewechselten Handschuhe nach Berühren der Mund-Nasen-Schutzmaske und der Mundschutze wurde der Mann-Whitney-U-Test herangezogen. Dabei wurden Werte mit $p < 0,05$ als signifikant bewertet. Verglichen wurden die Scores der mikrobiellen Kontamination der Schutzkleidungsbestandteile unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zu einem Behandlungsmodus. Dabei wurden die Scores folgender untersuchten Schutzkleidungsbestandteile in Bezug zueinander gesetzt:

1. die der bei der Behandlung getragenen Handschuhe und die der Mundschutze
2. die der bei der Behandlung getragenen Handschuhe und die der gewechselten, sterilen Handschuhe nach Berühren der Mundschutzmaske
3. die der gewechselten, sterilen Handschuhe nach Berühren der Mundschutzmaske und die der Mundschutze

Der Kruskal-Wallis-Test wurde genutzt, um die Behandlungsmodi zu vergleichen. Als signifikant wurden hier ebenfalls Werte mit $p < 0,05$ bewertet. Verglichen wurden die einzelnen Schutzkleidungsbestandteile je Bestandteil untereinander in Abhängigkeit von ihrer Zugehörigkeit zu einem Behandlungsmodus. Daraus ergab sich folgende Vergleichszuordnung:

1. Vergleich der bei der Behandlung der „Füllungstherapie“, der „Inlay-Präparation“, der „Endodontischen Therapie“, der „Parodontitistherapie“ und der „Professionellen Zahnreinigung“ getragenen Handschuhe
2. Vergleich der gewechselten Handschuhe nach Berühren der Mund-Nasen-Schutzmaske nach „Füllungstherapie“, nach „Inlay-Präparation“, nach „Endodontischer Behandlung“, nach „Parodontitistherapie“ und nach „Professioneller Zahnreinigung“

3. Vergleich der Mundschutzmasken nach „Füllungstherapie“, nach „Inlay-Präparation“, nach „Endodontischer Behandlung“, nach „Parodontitistherapie“ und nach „Professioneller Zahnreinigung“

4 Ergebnisse

Eine Tabellenspalte steht für je einen der drei Schutzkleidungsbestandteile und listet die nachgewiesenen Keime sowie den zugehörigen Score der jeweiligen Probe auf. Tabellenspalte 1 beinhaltet die Keime, die auf den getragenen Handschuhen (B-Handschuh) zu finden waren, und deren Score. Spalte 2 beinhaltet den Score und diejenigen Keime, die auf den gewechselten Handschuhen nach Berühren des Mundschutzes zu finden waren (M-Handschuh). Spalte 3 bildet die Befunde auf der Mund-Nasen-Schutzmaske ab. Im Folgenden sind die Ergebnisse der Kontamination von Handschuhen und Maske für die fünf Behandlungsmodalitäten dargestellt.

4.1 Ergebnisse nach endodontischen Behandlungen

Tabelle 1: Kontamination der Schutzkleidung bei der endodontischen Behandlung (n=10). Aufgelistet sind die nachgewiesenen Keime und der Score der Kontamination auf den bei der Behandlung getragenen Handschuhen (B-Handschuh), den gewechselten Handschuhen, die den Mundschutz nach der Behandlung berührt haben (M-Handschuh) und den Mund-Nasen-Schutzmasken (Mundschutz). Score 0 liegt bei fehlender Kontamination vor, Score 1 bei 1-100 KBE, Score 2 bei 101-1000 KBE und Score 3 bei mehr als 1000 KBE.

Quelle: Jonas Isack

Probennummer	B-Handschuh	M-Handschuh	Mundschutz
Probe 1	<i>Actinomyces oris</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i>	-	<i>S. epidermidis</i> <i>A. oris</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 2	<i>Bacillus sp. (B. clausii)</i> <i>Staphylococcus warneri</i> <i>Rothia dentocariosa</i>	-	<i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 3	<i>S. epidermidis</i> <i>Streptococcus oralis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>Staphylococcus capitis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. capitis</i>
	Score 2	Score 1	Score 1
Probe 4	<i>Sphingomonas sp.</i> <i>S. epidermidis</i>	-	<i>Bacillus sp. (B. mycooides)</i>

Ergebnisse

			<i>S. epidermidis</i> Schimmel
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 5	<i>S. epidermidis</i>	-	<i>Streptococcus parasanguinis</i> <i>A. oris</i> <i>S. epidermidis</i> <i>Staphylococcus aureus</i>
	Score 2	Score 0	Score 1
Probe 6	<i>S. epidermidis</i> <i>S. capitis</i>	-	<i>S. epidermidis</i> <i>Pseudomonas montellei</i> <i>Acinetobacter sp. (A. pitii)</i> <i>Pseudomonas stutzeri</i>
	Score 1	Score 0	Score 3
Probe 7	<i>S. epidermidis</i> <i>Micrococcus luteus</i>	<i>M. luteus</i> <i>Aerococcus viridans</i>	<i>R. dentocariosa</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 8	<i>Penicillium chrysogenum</i> Schimmelpilze	-	<i>Rhodococcus sp. (R. erythropolis)</i> <i>S. epidermidis</i> <i>Streptococcus sanguinis</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 9	Bakterienrasen, nicht differenzierbar	<i>Micrococcus sp.</i> <i>Corynebacterium sp.</i> <i>Paenibacillus sp.</i>	<i>Bacillus sp.</i> <i>Micrococcus sp.</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 10	<i>S. epidermidis</i>	-	<i>S. epidermidis</i> <i>M. luteus</i>
	Score 1	Score 0	Score 1

Tabelle 1 stellt eine Übersicht über die Spezies und Menge von Keimen dar, die nach endodontischen Behandlungen nachgewiesen werden konnten. Dazu wurden zehn Probennahmen mit je drei TSA-Nährmedien durchgeführt.

Betrachtet man die bei der Behandlung getragenen Handschuhe, zeigt sich, dass bei diesen Proben vor allem Staphylokokken vorlagen. Mit Abstand am häufigsten lag *S. epidermidis* vor. Es konnten jedoch ebenso *S. capitis* und *S. warneri* nachgewiesen werden. In einem Fall konnte ein Schimmelpilz und *P. chrysogenicum* nachgewiesen werden. Bei den meisten Proben lag Score 1 vor.

Bei der Betrachtung von M-Handschuh zeigt sich in sieben von zehn Fällen keine Kontamination (Score 0). Bei den übrigen drei Proben lagen vor allem Mikrokokken (*M. luteus*) und Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. capitis*) vor.

Im Fall der Mundschutz-Masken konnten hauptsächlich Staphylokokken nachgewiesen werden. Hauptsächlich zeigte sich *S. epidermidis*. In einem Fall konnte *S. aureus* detektiert werden. Weiterhin wurden Mikrokokkus-Spezies (*M. luteus*) und Streptokokken (*S. sanguinis*) nachgewiesen. Außerdem wurden auf dem Mundschutz Pseudomonaden (*P. montellei*, *P. stutzeri*) gefunden. Hauptsächlich lag Score 1 vor.

4.2 Ergebnisse nach Füllungstherapie

Tabelle 2: Kontamination der Schutzkleidung bei der Füllungstherapie (n=10). Aufgelistet sind die nachgewiesenen Keime und der Score der Kontamination auf den bei der Behandlung getragenen Handschuhen (B-Handschuh), den gewechselten Handschuhen, die den Mundschutz nach der Behandlung berührt haben (M-Handschuh) und den Mund-Nasen-Schutzmasken (Mundschutz). Score 0 liegt bei fehlender Kontamination vor, Score 1 bei 1-100 KBE, Score 2 bei 101-1000 KBE und Score 3 bei mehr als 1000 KBE.

Quelle: Jonas Isack

Probennummer	B-Handschuh	M-Handschuh	Mundschutz
Probe 1	<i>Bacillus sp. (B. simplex)</i> <i>S. epidermidis</i>	<i>Staphylococcus pettenkoferi</i> <i>S. epidermidis</i> <i>Rothia dentocariosa</i>	<i>Bacillus circulans</i> <i>S. epidermidis</i> <i>Dermabacter hominis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 2	<i>S. epidermidis</i> <i>S. warneri</i>	-	<i>S. capitis</i> <i>S. epidermidis</i>

Ergebnisse

	<i>Streptococcus anginosus</i>		
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 3	<i>S. epidermidis</i> <i>R. dentocariosa</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>R. dentocariosa</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>Bacillus sp.</i> <i>Streptococcus salivarius</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 4	<i>Bacillus sp.</i> <i>S. epidermidis</i>	-	<i>Staphylococcus hominis</i> <i>Streptococcus mitis</i> <i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 5	Gram-positives Stäbchen <i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. capitis</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 6	<i>S. hominis</i>	-	<i>S. capitis</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 7	<i>S. epidermidis</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>R. dentocariosa</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>M. luteus</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>M. luteus</i>
	Score 3	Score 1	Score 1
Probe 8	<i>S. salivarius</i> <i>S. sanguinis</i>	-	<i>M. luteus</i> <i>R. dentocariosa</i> <i>Actinomyces sp. (A. oris)</i>
	Score 3	Score 0	Score 1
Probe 9	<i>S. epidermidis</i> <i>M. luteus</i> <i>S. parasanguinis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>Kocuria rhizophila</i>	<i>S. capitis</i> <i>K. rhizophila</i> <i>S. oralis</i>
	Score 3	Score 1	Score 1
Probe 10	<i>S. capitis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>

Ergebnisse

	<i>S. epidermidis</i>	<i>M. luteus</i>	
	<i>R. dentocariosa</i>		
	Score 3	Score 1	Score 1

Tabelle 2 stellt die Menge und die Art der vorgefundenen Bakterien pro Probennahme (n=10) in Bezug zur Schutzkleidung bei der Füllungstherapie dar. Bei der Schutzkleidung handelt es sich um die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (B-Handschuh), die gewechselten Schutzhandschuhe, die nach der Behandlung den Mundschutz berührt haben, (M-Handschuh) und die Mundschutze.

Bei den Proben von B-Handschuh lagen überwiegend Staphylokokken vor. In den meisten Fällen zeigte sich *S. epidermidis*. Es konnten jedoch auch andere Staphylokokken wie *S. hominis*, *S. warneri* und *S. capitis* nachgewiesen werden. Streptokokken lagen in drei Proben vor (*S. salivarius*, *S. sanguinis*, *S. parasanguinis*). Ebenfalls in drei Proben wurde *R. dentocariosa* nachgewiesen. *M. luteus* lag bei zwei Proben vor. In sechs von zehn Fällen ergab sich Score 1 und in vier Score 3.

Auf den Agarplatten von B-Handschuh konnte in vier Fällen keine Kontamination nachgewiesen werden (Score 0). In allen anderen Fällen lag Score 1 vor. Hauptsächlich wurden Staphylokokken (*S. epidermidis*) nachgewiesen. In je zwei Fällen wurden *R. dentocariosa* und *M. luteus* detektiert.

Bei den Mundschutzen lag ausschließlich Score 1 vor. Auch hier überwiegen die Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. capitis*, *S. hominis*). Außerdem konnte bei drei Proben das Wachstum von Streptokokken (*S. mitis*, *S. oralis*, *S. salivarius*) nachgewiesen werden. In zwei von zehn Fällen lagen Bazillus-Spezies vor.

4.3 Ergebnisse nach Inlay-Präparation

Tabelle 3: Kontamination der Schutzkleidung bei der Inlay-Präparation (n=10). Aufgelistet sind die nachgewiesenen Keime und der Score der Kontamination auf den bei der Behandlung getragenen Handschuhen (B-Handschuh), den gewechselten Handschuhen, die den Mundschutz nach der Behandlung berührt haben (M-Handschuh) und den Mund-Nasen-Schutzmasken (Mundschutz). Score 0 liegt bei fehlender Kontamination vor, Score 1 bei 1-100 KBE, Score 2 bei 101-1000 KBE und Score 3 bei mehr als 1000 KBE.

Quelle: Jonas Isack

Probennummer	B-Handschuh	M-Handschuh	Mundschutz
Probe 1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>

Ergebnisse

	<i>Streptomyces sp.</i>		
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 2	<i>S. epidermidis</i> Schimmelpilze	<i>S. epidermidis</i>	<i>Bacillus sp.</i> <i>S. epidermidis</i>
	Score 2	Score 1	Score 1
Probe 3	<i>S. epidermidis</i>	-	<i>S. epidermidis</i> <i>Bacillus sp.</i>
	Score 2	Score 0	Score 1
Probe 4	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 5	<i>S. capitis</i> <i>Micrococcus luteus</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>Bacillus sp. (B. clausii)</i>	<i>S. capitis</i> <i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 6	<i>S. capitis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. hominis</i> <i>Bacillus cereus</i>	<i>S. capitis</i>
	Score 3	Score 1	Score 1
Probe 7	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Score 2	Score 1	Score 1
Probe 8	<i>S. epidermidis</i> <i>S. hominis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. hominis</i>
	Score 2	Score 1	Score 1
Probe 9	<i>S. epidermidis</i>	-	<i>S. epidermidis</i> <i>Neisseria perflava</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 10	<i>S. epidermidis</i> <i>Staphylococcus saprophyticus</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. saprophyticus</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. saprophyticus</i> <i>S. hominis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1

In Tabelle 3 werden die nachgewiesenen Keimarten auf der Schutzkleidung und die Menge der Keime als Score dargestellt. Untersucht wurde die Inlaypräparation (n=10). Bei der

untersuchten Schutzkleidung handelt es sich um die Handschuhe, die bei der Behandlung getragen wurden (B-Handschuh), die gewechselten, sterilen Handschuhe, die nach der Behandlung den Mundschutz berührt haben (M-Handschuh), und den bei der Behandlung getragenen Mundschutz.

Bei der Betrachtung von B-Handschuh zeigte sich in der Hälfte der Fälle Score 1. In vier von zehn Fällen lag Score 2 vor und in einem Fall Score 3. Bei den meisten Proben konnte ein Wachstum von Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. capitis*, *S. hominis*) nachgewiesen werden.

Die Proben von M-Handschuh wiesen überwiegend Score 1 auf. Lediglich in zwei Fällen konnte kein mikrobielles Wachstum nachgewiesen werden (Score 0). Das Vorkommen von Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. hominis*, *S. saprophyticus*) überwog. Bei zwei Proben konnten Bacillus-Spezies (*B. clausii*, *B. cereus*) nachgewiesen werden.

Bei den Proben der Mund-Nasen-Schutzmasken lag ausschließlich Score 1 vor. Alle Agaren zeigten Bewuchs durch Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. capitis*, *S. hominis*). Bei zwei Proben wurden Bacillus-Spezies nachgewiesen. In einer Probe lag *N. perflava* vor.

4.4 Ergebnisse nach Parodontitis-Therapie

Tabelle 4: Kontamination der Schutzkleidung bei der Parodontitis-Therapie (n=10). Aufgelistet sind die nachgewiesenen Keime und der Score der Kontamination auf den bei der Behandlung getragenen Handschuhen (B-Handschuh), den gewechselten Handschuhen, die den Mundschutz nach der Behandlung berührt haben (M-Handschuh) und den Mund-Nasen-Schutzmasken (Mundschutz). Score 0 liegt bei fehlender Kontamination vor, Score 1 bei 1-100 KBE, Score 2 bei 101-1000 KBE und Score 3 bei mehr als 1000 KBE.

Quelle: Jonas Isack

Probennummer	B-Handschuh	M-Handschuh	Mundschutz
Probe 1	<i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>S. hominis</i>	<i>Aspergillus sp. (A. versicolor)</i>	<i>S. hominis</i> Schimmelpilze
	Score 2	Score 1	Score 1
Probe 2	<i>S. epidermidis</i> <i>S. capitis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. capitis</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Score 2	Score 1	Score 1

Ergebnisse

Probe 3	<i>Streptococcus oralis</i>	<i>S. capitis</i>	<i>S. oralis</i>
	<i>S. epidermidis</i>		<i>S. warneri</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 4	Mikrokokken	-	<i>S. epidermidis</i>
	<i>S. epidermidis</i>		<i>Corynebacterium sp.</i>
	<i>S. oralis</i>		<i>S. capitis</i>
			<i>S. mitis</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 5	Gram-negatives	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Stäbchen	Gram-negatives	<i>S. sanguinis</i>
	<i>Rothia aeria</i>	Stäbchen	
	<i>S. epidermidis</i>		
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 6	<i>S. epidermidis</i>	-	<i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 0	Score 1
Probe 7	<i>Staphylococcus</i>	<i>S. capitis</i>	<i>S. capitis</i>
	<i>caprae</i>		<i>M. luteus</i>
	<i>S. capitis</i>		
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 8	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. capitis</i>
	<i>Bacillus sp. (Bacillus simplex)</i>		<i>R. dentocariosa</i>
	<i>Neisseria sp. (N. oralis)</i>		<i>Bacillus sp. (B. simplex)</i>
	Score 2	Score 1	Score 2
Probe 9	<i>S. hominis</i>	<i>S. hominis</i>	<i>Paenibacillus sp.</i>
	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. hominis</i>
			<i>S. epidermidis</i>
	Score 3	Score 1	Score 1
Probe 10	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. capitis</i>	<i>S. capitis</i>
	<i>Enterococcus faecalis</i>		<i>Micrococcus luteus</i>
	<i>S. oralis</i>		<i>S. oralis</i>
	Score 3	Score 1	Score 3

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung der Proben der bei der Behandlung getragenen Handschuhe (B-Handschuh), der gewechselten Handschuhe, die die Mund-Nasen-Schutzmaske nach der Behandlung berührt haben, (M-Handschuh) und der Mundschutzmasken für die Parodontitis-Therapie. Es werden die gefundenen Keimarten sowie die Menge an koloniebildenden Einheiten in Scores angegeben.

Für B-Handschuh lag bei der Hälfte der Proben Score 1 vor. Es fanden sich aber ebenso drei Mal Score 2 und sogar zwei Mal Score 3. Hauptsächlich konnten Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. hominis*, *S. caprae*) nachgewiesen werden. In einer Probe fand sich *E. faecalis*. Ebenfalls nachgewiesen werden konnten Streptokokken (*S. oralis*), *R. aeria*, Mikrokokken, Neisseria-Spezies und Bacillus-Spezies.

Bei den Ergebnissen der Proben von M-Handschuh ergab sich in zwei Fällen Score 0. Bei allen übrigen Proben lag Score 1 vor. Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. hominis*, *S. capitis*) konnten in fast allen Proben beobachtet werden. Bei einer Probe gelang der Nachweis von *A. versicolor*. Bei den Proben der Mundschutze, die bei der Behandlung getragen wurden, lag vorwiegend Score 1 vor. Bei je einer Probe konnten Score 2 und Score 3 festgestellt werden. Stapylokokken (*S. epidermidis*, *S. hominis*, *S. capitis*, *S. warneri*) und Streptokokken (*S. mitis*, *S. sanguinis*, *S. oralis*) bilden die Hauptmenge der nachgewiesenen Keime. In zwei Proben wurden Mikrokokken nachgewiesen. Außerdem wurden *R. dentocariosa*, Paenibazillus-Spezies und Corynebakterien-Spezies mittels MALDI-TOF Massenspektrometrie nachgewiesen.

4.5 Ergebnisse nach Professioneller Zahnreinigung

Tabelle 5: Kontamination der Schutzkleidung bei der Professionellen Zahnreinigung (n=10). Aufgelistet sind die nachgewiesenen Keime und der Score der Kontamination auf den bei der Behandlung getragenen Handschuhen (B-Handschuh), den gewechselten Handschuhen, die den Mundschutz nach der Behandlung berührt haben (M-Handschuh) und den Mund-Nasen-Schutzmasken (Mundschutz). Score 0 liegt bei fehlender Kontamination vor, Score 1 bei 1-100 KBE, Score 2 bei 101-1000 KBE und Score 3 bei mehr als 1000 KBE.

Quelle: Jonas Isack

Probennummer	B-Handschuh	M-Handschuh	Mundschutz
Probe 1	<i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>S. capitis</i> <i>Streptococcus oralis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. capitis</i> <i>Haemophilus parainfluenzae</i>	<i>Staphylococcus anginosus</i> <i>S. capitis</i> <i>Rothia aeria</i>

Ergebnisse

	Score 2	Score 1	Score 2
Probe 2	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. capitis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>Streptococcus infantis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 3	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. hominis</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 4	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 5	<i>S. epidermidis</i> <i>S. oralis</i> <i>Neisseria macacae</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. mitis</i> <i>S. aureus</i> <i>S. epidermidis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 6	<i>S. aureus</i> <i>S. capitis</i> <i>S. mitis</i> <i>Neisseria subflava</i> <i>Bacillus sp.</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. capitis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 7	<i>B. cereus</i> <i>S. oralis</i> <i>N. macacae</i> <i>S. epidermidis</i>	<i>R. dentocariosa</i>	<i>B. cereus</i> <i>S. mitis</i> <i>S. epidermidis</i> <i>S. saprophyticus</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 8	<i>S. epidermidis</i> <i>S. capitis</i> <i>Bacillus sp.</i>	<i>Paenibacillus sp.</i> <i>S. capitis</i>	<i>S. capitis</i> Gram-positives Stäbchen <i>A. oris</i> <i>S. epidermidis</i> <i>Bacillus sp. (B. simplex)</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 9	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i> <i>S. hominis</i>

Ergebnisse

		<i>Streptococcus gordinii</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
	Score 1	Score 1	Score 1
Probe 10	<i>S. epidermidis</i> <i>R. dentocariosa</i> <i>S. mitis</i>	<i>R. dentocariosa</i>	<i>S. epidermidis</i>
	Score 3	Score 3	Score 1

In Tabelle 5 werden die Ergebnisse der Probennahmen der Schutzkleidung bei der Professionellen Zahnreinigung dargestellt. Bei der Schutzkleidung handelt es sich um die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (B-Handschuh), die gewechselten, sterilen Handschuhe, die nach der Behandlung die Mund-Nasen-Schutzmaske berührt haben, (M-Handschuh) und die Mundschutze.

Bei der Betrachtung von B-Handschuh zeigte sich überwiegend Score 1. Bei je einer Probe lagen Score 2 und Score 3 vor. Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. capitis*) bilden die am häufigsten vorliegende Gattung. Besonders hervorzuheben ist das Vorhandensein von *S. aureus* bei einer Probe. Ebenfalls konnten Streptokokken (*S. mitis*, *S. oralis*), *R. dentocariosa*, Bazillus-Spezies und Neisserien nachgewiesen werden. In zwei Proben wurde *N. macacae* nachgewiesen.

Für M-Handschuh lag in der überwiegenden Mehrheit der Proben Score 1 vor. Bei einer Probe wurde Score 3 festgestellt. Staphylokokken bilden die Hauptmenge der nachgewiesenen Keime. Streptokokken (*S. gordinii*), *R. dentocariosa*, *H. parainfluenzae* und Paenibazillus-Spezies konnten ebenfalls nachgewiesen werden.

Bei neun von zehn Proben der Mundschutze wurde Score 1 festgestellt. Bei einer Probe fand sich Score 2. Auch hier liegen hauptsächlich Staphylokokken (*S. epidermidis*, *S. capitis*) und Streptokokken (*S. infantis*, *S. mitis*) vor. Bei einer Probe konnte *S. aureus* nachgewiesen werden. Auf den TSA-Platten von drei Proben wuchsen Bazillus-Spezies (*B. subtilis*, *B. cereus*, *B. simplex*). Auf je einer Mundschutzmaske wurden *A. oris* und *R. aeria* nachgewiesen.

4.6 Absolute Anteile positiver Proben pro Behandlungsmodus und Schutzkleidungsbestandteil

Tabelle 6: Absoluter Anteil positiver Proben pro Behandlungsmodus und Schutzkleidungsbestandteil. Aufgelistet sind die Behandlungsmodi „Professionelle Zahnreinigung“ (n=10), „Parodontitis-Therapie“ (n=10), „Füllungstherapie“ (n=10), „Inlay-Präparation“ (n=10) und „Endodontische Therapie“ (n=10). Pro Behandlungsmodus wird der Anteil positiver Proben im Verhältnis zur Gesamtanzahl in Bezug auf die einzelnen Schutzkleidungsbestandteile dargestellt. Die untersuchten Schutzkleidungsbestandteile sind die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (B-Handschuh), die gewechselten Handschuhe, die nach der Behandlung den Mundschutz berührt haben, und die Mund-Nasen-Schutzmaske (Mundschutz).

Quelle: Jonas Isack

	B-Handschuh	M-Handschuh	Mundschutz
Professionelle Zahnreinigung	10/10	10/10	10/10
Parodontitis-Therapie	10/10	8/10	10/10
Füllungstherapie	10/10	6/10	10/10
Inlay-Präparation	10/10	8/10	10/10
Endodontische Behandlung	10/10	3/10	10/10

Tabelle 6 beschreibt den Anteil positiver Proben im Verhältnis zur Gesamtanzahl der genommenen pro Behandlungsmodus. Bei den betrachteten Behandlungsmodi handelt es sich um die „Professionelle Zahnreinigung“ (n=10), die „Parodontitis-Therapie“ (n=10), die „Füllungstherapie“ (n=10), die „Inlay-Präparation“ (n=10) und die „Endodontische Behandlung“ (n=10). Die Auflistung der Ergebnisse wird pro untersuchtem Schutzkleidungsbestandteil angegeben. Zu den Schutzkleidungsbestandteilen zählen die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (B-Handschuh), die sterilen, gewechselten Handschuhe, die nach der Behandlung den Mundschutz berührt haben, (M-Handschuh) und die Mundschutze.

Bei den Proben von B-Handschuh und Mundschutz lag für alle Behandlungsmodi in allen Fällen eine mikrobielle Kontamination vor.

In Bezug auf M-Handschuh zeigte sich bei den Proben der „Professionellen Zahnreinigung“ eine mikrobielle Kontamination. In acht von zehn Fällen konnte ein mikrobielles Wachstum auf den TSA-Platten der „Parodontitis-Therapie“ und der „Inlay-Präparation“ nachgewiesen werden. Bei der „Füllungstherapie“ lag ebenfalls in der Mehrheit der Proben eine mikrobielle

Kontamination vor (6/10). Lediglich bei der „Endodontischen Therapie“ wurden nur drei Proben positiv auf mikrobielles Wachstum befundet.

4.7 Relative Anteile positiver und negativer Proben pro Schutzkleidungsbestandteil

Die folgenden Diagramme stellen die Verteilung positiver und negativer Proben unabhängig vom Behandlungsmodus pro Schutzausrüstungsbestandteil dar. Jeweils angegeben ist die relative Menge in Prozent. Zur Bestimmung der Werte wird die Anzahl der positiven und negativen Proben aller Behandlungen jeweils in das Verhältnis zur absoluten Gesamtmenge vorhandener Proben gestellt. Man erhält als Quotienten den relativen Anteil der positiven und negativen Proben an der Gesamtheit der Proben, also das arithmetische Mittel.

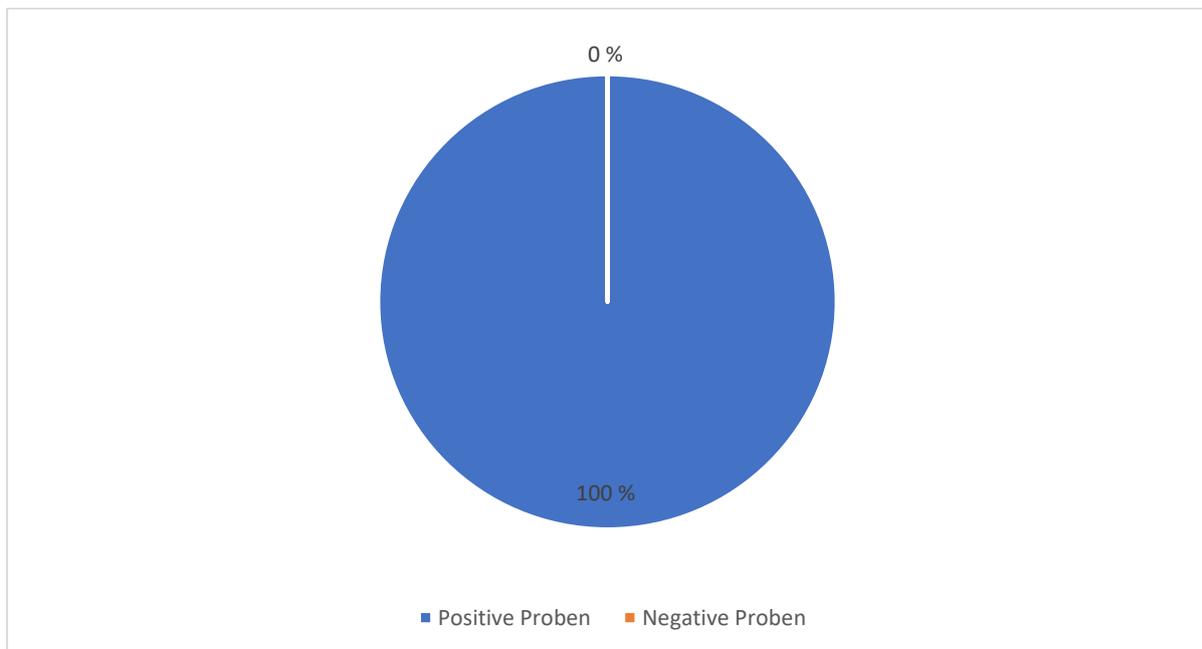


Abbildung 14: Relativer Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (n=50)

Quelle: Jonas Isack

Abbildung 14 stellt den relativen Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die bei der Behandlung getragenen Handschuhe dar.

Bei der Betrachtung von Abbildung 14 zeigt sich, dass ein relativer Anteil von 100 % bei der Kontamination des ersten, bei der Behandlung getragenen Handschuhpaares, vorliegt. Es stellt sich folglich bei jeder Probennahme ein Wachstum koloniebildender Einheiten dar.

Ergebnisse

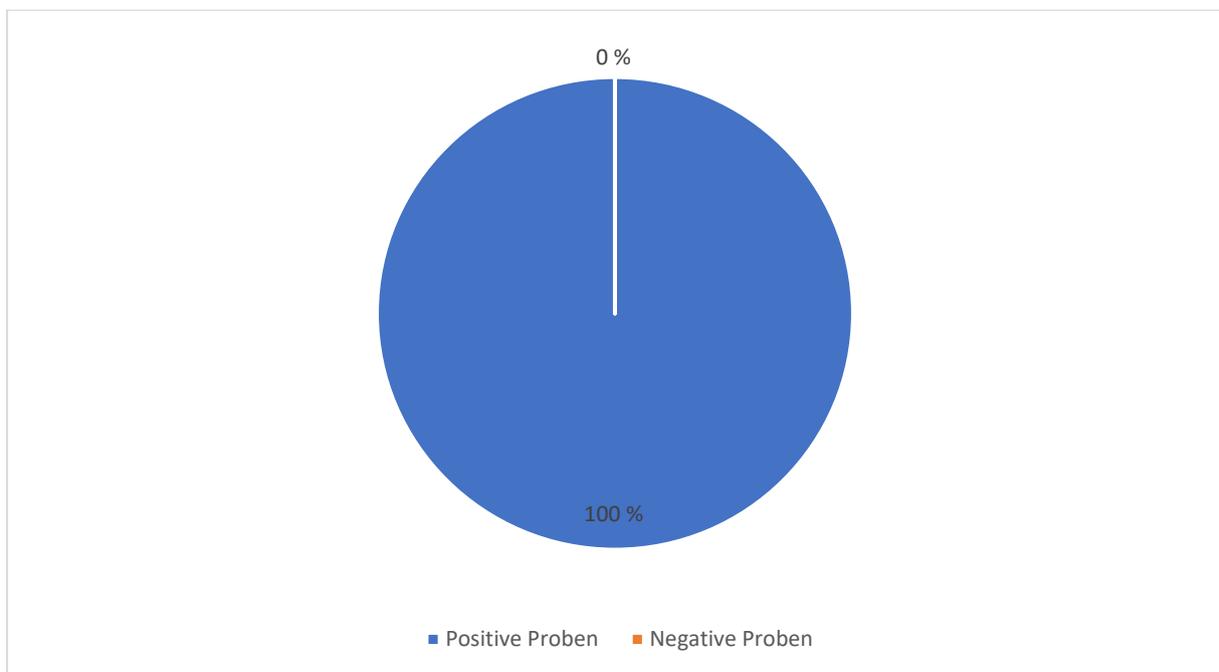


Abbildung 15: Relativer Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die getragene Mund-Nasen-Schutzmaske (n=50)

Quelle: Jonas Isack

Abbildung 15 gibt Auskunft über den relativen Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die getragene Mund-Nasen-Schutzmaske.

Die Proben der Mund-Nasen-Schutzmaske weisen durchschnittlich eine hohe Kontamination auf. In 100 % der Fälle zeigt sich ein Keimwachstum.

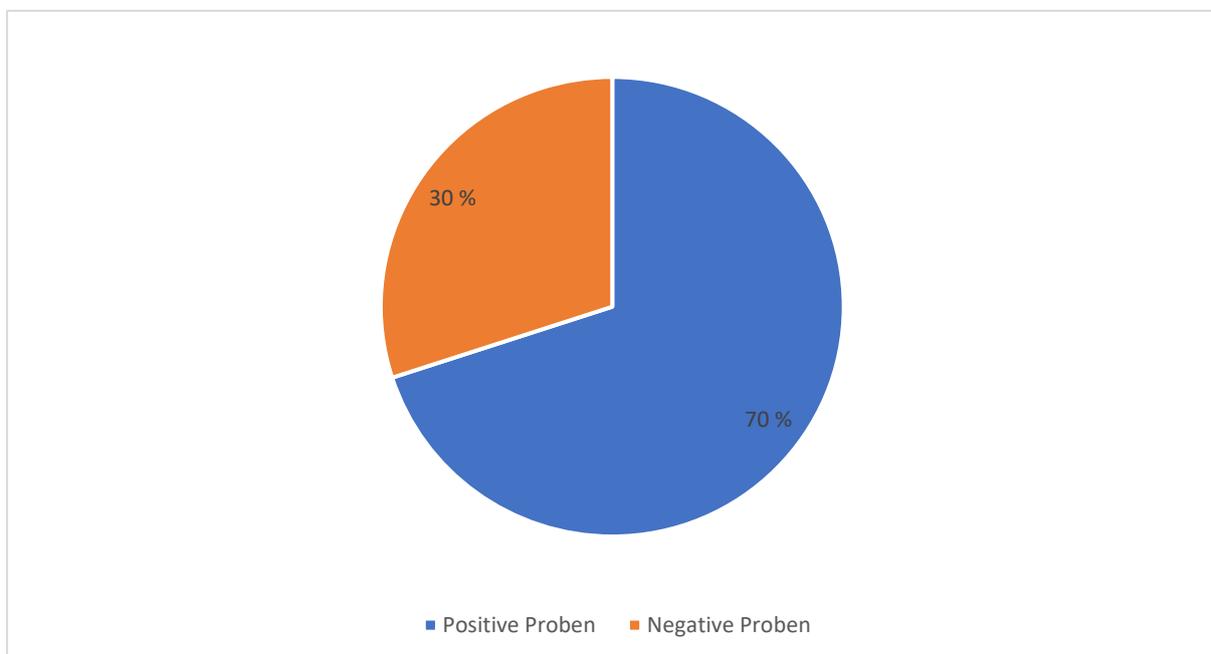


Abbildung 16: Relativer Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die gewechselten Handschuhe, die den Mundschutz berührt haben (n=50)

Quelle: Jonas Isack

In Abbildung 16 wird graphisch der relative Anteil positiver und negativer Proben insgesamt in Bezug auf die gewechselten Handschuhe nach Berührung des Mundschutzes dargestellt. Im Fall der gewechselten Handschuhe, die die Mund-Nasen-Schutzmaske berührt haben, zeigt sich ein weniger einheitliches Bild als bei dem Handschuhpaar, das bei der Behandlung getragen wurde. Abbildung 16 zeigt, dass sich ein Wachstum bei 70 % der Proben nachweisen ließ. 30 % der Probennahmen sind kontaminationsfrei.

4.8 Abweichungen der Behandlungsmodi vom arithmetischen Mittel

In diesem Abschnitt werden die Abweichungen der relativen Mengen Proben in Prozent pro Behandlungsmodus ins Verhältnis zum arithmetischen Mittel aller positiven Untersuchungsergebnisse gesetzt. Die Daten sind in Prozent angegeben. Im folgenden Diagramm wird die prozentuale Abweichung vom Mittelwert aller Behandlungen angegeben. Im Fall der bei der Behandlung getragenen sterilen Handschuhe und der Mund-Nasen-Schutzmaske wird auf eine Darstellung im Diagramm verzichtet, da sich eine durchschnittliche Kontamination von 100 % zeigte. Es gibt folglich keine Abweichung von diesem Mittelwert.

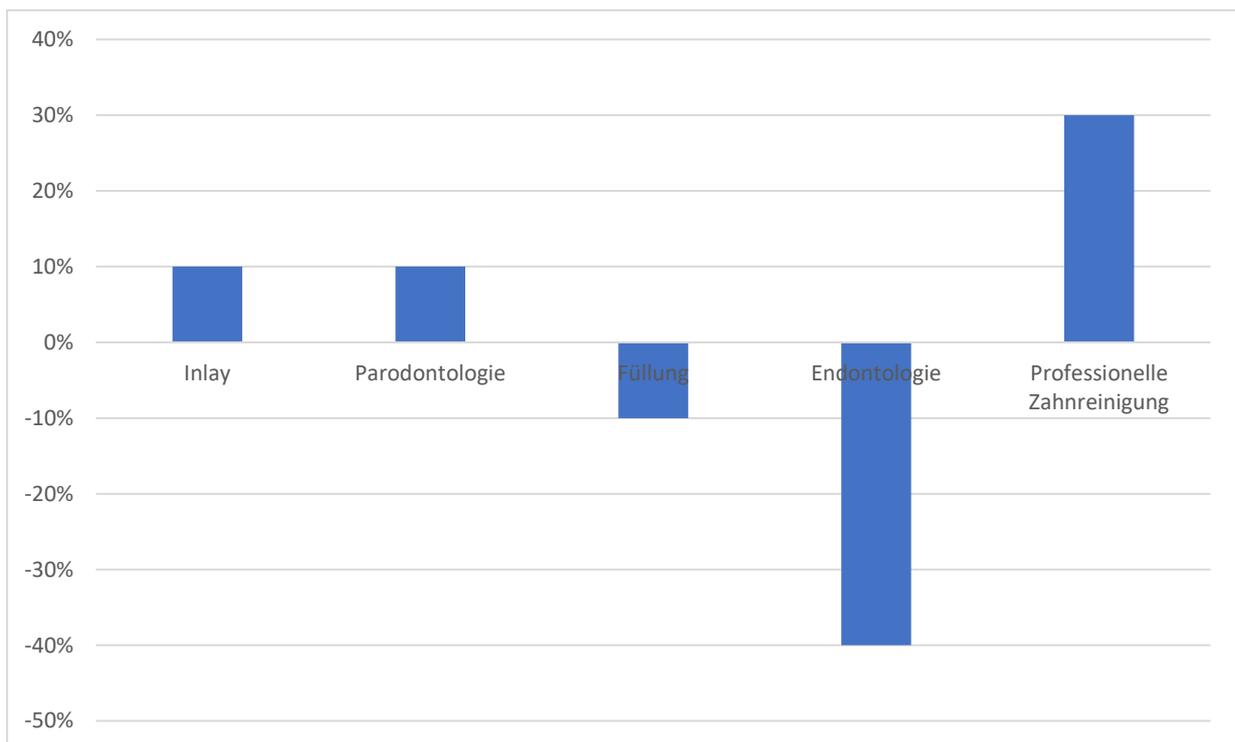


Abbildung 17: Abweichung der relativen Menge positiver Proben pro Behandlungsmodus. Dargestellt wird die Abweichung vom Durchschnittswert aller Behandlungen in Prozent bei der Betrachtung der gewechselten Handschuhe nach Berührung der Mund-Nasen-Schutzmaske

Quelle: Jonas Isack

Abbildung 17 gibt einen Überblick über die Abweichung der relativen Menge positiver Proben pro Behandlungsmodus vom Durchschnittswert aller Behandlungen in Prozent bei der Betrachtung der gewechselten Handschuhe nach Berührung der Mund-Nasen-Schutzmaske.

Es ist erkennbar, dass im Fall der Inlay-Therapie mit +10 %, der Parodontitis-Therapie mit +10 % und vor allem der Professionellen Zahnreinigung mit +30 % eine überdurchschnittliche Kontamination vorliegt. Die Werte der Füllungstherapie liegen bei den gewechselten Handschuhen mit -10 % unter dem Durchschnitt. Am deutlichsten weicht die Kontamination der Proben bei der Endodontologie mit -40 % ab.

4.9 Darstellung des Verhältnisses der relativen Menge der Scores pro Behandlungsmodus

Abbildung 18 gibt eine Übersicht über die prozentuale Verteilung der Scores pro Schutzkleidungsbestandteil und Behandlung. Bei den Schutzkleidungsbestandteilen handelt es sich um die bei der Behandlung getragenen Handschuhe (B-Handschuhe), den Mundschutz und die gewechselten Handschuhe, die nach der Behandlung den Mundschutz berührt haben (M-Handschuh).

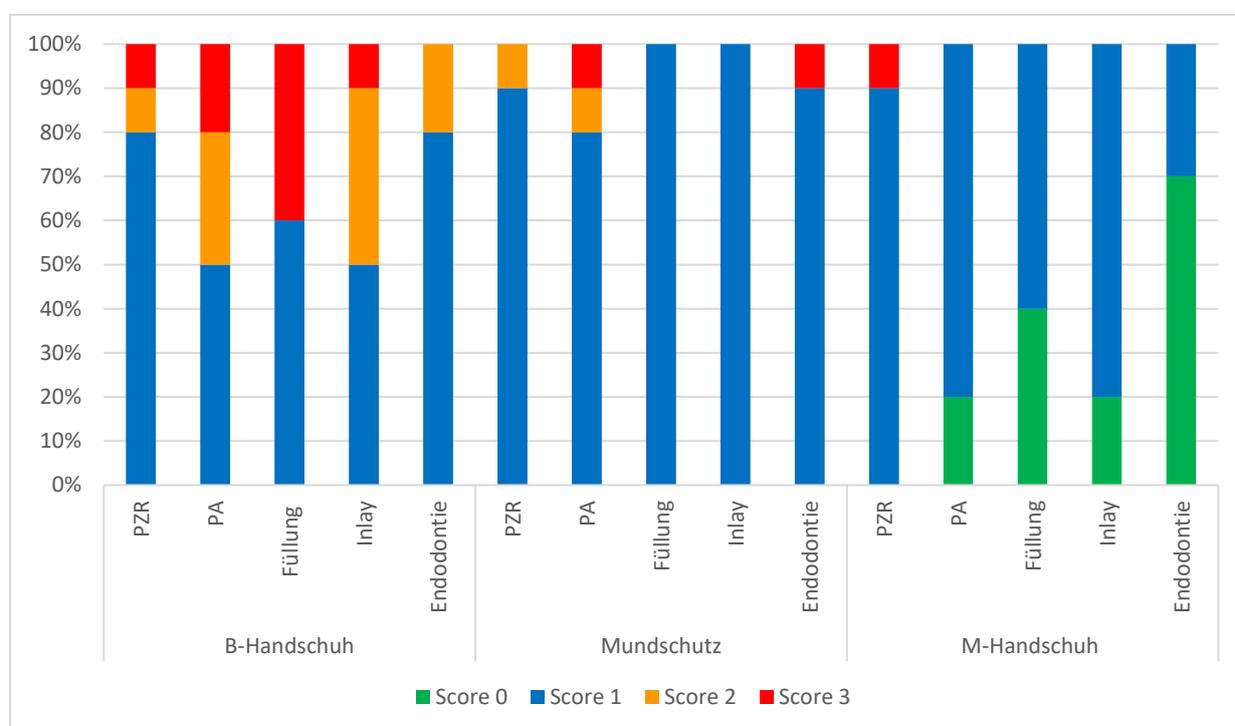


Abbildung 18: Score-Übersicht der einzelnen Schutzkleidungsbestandteile pro Behandlungsmodus

Quelle: Jonas Isack

Die Abbildung stellt den prozentualen Anteil dar, mit dem die Scores auf die Schutzkleidungsbestandteile pro Behandlungsform verteilt sind. Die Abbildung zeigt, dass sich die Höhe der Scores pro Schutzkleidungsbestandteil deutlich unterscheidet. Während bei „B-Handschuh“ zwar überwiegend Score 1 vorliegt, stellen sich auch häufig Score 2 und 3 dar. Unabhängig von der durchgeführten Behandlung zeigt sich bei diesem ersten Schutzkleidungsbestandteil generell in allen Fällen eine Kontamination mit Keimen, ebenso wie beim „Mundschutz“. Die Anzahl nicht bakteriell besiedelter Proben nimmt beim „M-Handschuh“ zu. Der Anteil kontaminationsfreier Proben stellt jedoch durchweg eine kleinere Menge als die der keimbesetzten dar.

Vergleicht man die verschiedenen Behandlungsmodi bezogen auf jeweils einen Schutzkleidungsbestandteil, fällt auf, dass bei „B-Handschuh“ vor allem bei der Parodontitis-Therapie und der Inlay-Versorgung in 50 % der Fälle eine keimintensivere Besiedlung mit Score 2 und 3 vorliegt. Mit zirka 40 % liegt bei der Füllungslegung am häufigsten Score 3 vor. Im Fall der professionellen Zahnreinigung zeigt sich eine Kontamination von jeweils 10 % Score 2 und 3. Bei der endodontischen Behandlung liegt überwiegend Score 1 vor und es findet sich lediglich bei 20 % der Proben Score 2.

Betrachtet man im Folgenden die Behandlungsmodi in Bezug zur Mund-Nasen-Schutzmaske im Vergleich, fällt auf, dass bei allen Behandlungsformen hauptsächlich eine Kontamination mit Score 1 vorliegt. Die stärkste Keimbelastung findet sich bei der Parodontitis-Therapie mit je 10 % Score 2 und 3, gefolgt von der endodontischen Behandlung mit 10 % Score 3. Bei der professionellen Zahnreinigung findet sich in 10 % der Fälle Score 2.

In Bezug zum gewechselten Handschuhpaar nach Berührung des benutzten Mundschutzes stellt sich im Überblick über die verschiedenen Behandlungsmodi im Vergleich zu den anderen untersuchten Schutzkleidungsbestandteilen am häufigsten eine nicht stattgefundene Kontamination dar. Jedoch sind auch hier weit mehr als die Hälfte aller Proben keimbelastet. Die einzige Ausnahme stellt die Endodontie dar, bei der 70 % der genommenen Probennahmen keimfrei sind. Die Füllungstherapie nimmt mit 40 % keimfreier Proben den zweiten Platz hinter der Endodontie ein. Bei der Parodontitis-Therapie und der Versorgung mittels Inlays findet sich lediglich bei 20 % der Proben keine bakterielle Besiedlung. In 100 % der Fälle liegt bei der professionellen Zahnreinigung eine Kontamination vor. In der Gruppe der gewechselten, zweiten Handschuhe zeigt sich überwiegend Score 1 bei den kontaminierten Proben aller Behandlungsmodi. Die professionelle Zahnreinigung hat als einziger Behandlungsmodus eine höhere Belastung. Bei 10 % der Probennahmen liegt Score 3 vor.

4.10 Übersicht Kontrollproben

Im Rahmen der Kontrollproben wurden je fünf Probennahmen unbenutzter Handschuhe und Mund-Nasen-Schutzmasken bewertet. Bei beiden Schutzkleidungsbestandteilen zeigte sich nach zwei Tagen kein Wachstum. Es lag keine Kontamination vor.

4.11 Statistische Auswertung

Im Vergleich der bei der Behandlung getragenen Handschuhe und der Mundschutzmasken ergibt sich im Mann-Whitney-U-Test ein Wert von $p = 0,008$. Die Scores der bei der Behandlung getragenen Handschuhe sind somit signifikant höher als die der Mund-Nasen-Schutzmasken. Zwischen den bei der Behandlung getragenen Schutzhandschuhen und den gewechselten Handschuhen, die die Mund-Nasen-Schutzmaske nach der Behandlung berührt haben, stellt sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied mit einem Wert von $p < 0,0001$ dar. Zwischen der Mundschutzmaske und den gewechselten, sterilen Handschuhen, die nach der Behandlung den Mundschutz berührt haben, wurde ebenfalls ein signifikanter Unterschied mit einem Wert von $p = 0,004$ festgestellt.

Zur Bewertung der statistischen Signifikanz der Unterschiede zwischen den Behandlungsmodi „Füllungstherapie“, „Inlay-Präparation“, „Endodontische Behandlung“, „Professionelle Zahnreinigung“ und „Parodontitis-Therapie“ wurde der Kruskal-Wallis-Test herangezogen. Im Vergleich der Behandlungsmodi in Bezug zu den bei der Behandlung getragenen Handschuhe zeigt sich mit einem Wert von $p = 0,7$ kein statistisch signifikanter Unterschied. Ebenso verhält es sich beim Vergleich der Mundschutze der einzelnen Behandlungsmodi untereinander. Dort liegt ein Wert von $p = 0,9$ vor. Bei den gewechselten Handschuhen, die die Mund-Nasen-Schutzmaske nach der Behandlung berührt haben, zeigt sich mit einem Wert von $p = 0,3$ ebenfalls kein signifikanter Unterschied.

5 Diskussion

5.1 Grundlagen

Diese Pilotstudie beschäftigt sich mit der Fragestellung, ob Mund-Nasen-Schutzmasken während einer zahnmedizinischen Behandlung mikrobiell kontaminiert werden. Der Mundschutzmaske ist bisher wenig Aufmerksamkeit als Übertragungsweg für Keime zugekommen. Daher wurden im Rahmen dieser Studie fünf zahnmedizinische therapeutische Maßnahmen untersucht, die in der allgemein zahnmedizinischen Praxis täglich durchgeführt werden. Bei diesen Maßnahmen handelt es sich um die „Endodontische Therapie“, „Füllungstherapie“, „Inlay-Versorgung“, „Parodontitis-Therapie“ und die „Professionelle Zahnreinigung“. Von den genannten zahnmedizinischen Therapiemaßnahmen wurden je zehn Probenreihen angefertigt, wodurch sich eine Gesamtzahl von 50 Untersuchungen ergibt. Durch die weltweite Corona-Pandemie wird der Mund-Nasen-Schutzmaske aktuell mehr Aufmerksamkeit gewidmet als zuvor. Es soll jedoch an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen werden, dass Viren nicht Gegenstand der Untersuchung dieser Studie sind, sondern Bakterien. Es besteht die Möglichkeit, dass sich die Ergebnisse dieser Studie auf Viren übertragen lassen. Dabei handelt es sich lediglich um eine Vermutung, die im Rahmen dieser Abhandlung weder bestätigt noch widerlegt werden kann.

Zunächst wurde ein geeigneter Versuchsaufbau gewählt, der die mikrobielle Kontamination des ersten und zweiten Handschuhpaares sowie der Mund-Nasen-Schutzmaske einzeln darstellt. Bei dem ersten Handschuhpaar handelt es sich um jene, die während der Behandlung getragen wurden. Die zweiten, sterilen Handschuhe wurden genutzt, um den benutzten Mundschutz nach der Behandlung zu berühren. Bei der Durchführung der Probennahme wurde jeweils der Schritt der Therapiemaßnahme untersucht, der die höchste Kontamination erwarten ließ. Dabei handelt es sich vor allem um die Therapieschritte, bei denen Aerosole anfallen, wie beispielsweise die Präparation einer Kavität oder die Arbeit mit Ultraschallgeräten. Während dieser Maßnahmen wurde eine klein- und eine großvolumige Absaugung verwendet. Diese konnten jedoch eine Kontamination der Mund-Nasen-Schutzmaske und der Handschuhe nicht verhindern. Vor der Probennahme mussten die Schutzkleidungsbestandteile „erster Handschuh“ und „Mund-Nasen-Schutzmaske“ durch den Behandler zirka eine halbe Stunde bei der Behandlung des Patienten getragen werden. Während der Tragezeit der Mundschutzmaske kommt es zur Durchfeuchtung und zu einem Erwärmen der Maske. Die Temperatur der Mund-Nasen-Schutzmaske liegt in etwa bei Körpertemperatur. Beides zusammen bietet oralen und dermalen Keimen gute Wachstumsbedingungen. Die Semipermeabilität des Mundschutzes kann außerdem dazu führen, dass Keime des oralen und dermalen Mikrobioms des Behandlers auf

der Außenseite der Maske zu finden sind. Dies ist jedoch für das Ergebnis der Studie nicht relevant, da die mikrobielle Keimtransmission unabhängig davon stattfindet, ob ihr Ursprung im Mikrobiom des Behandlers oder eines anderen Patienten liegt. Es kommt bei einem Wiederaufsetzen der Mund-Nasen-Schutzmaske bei einem neuen Patienten über das zweite Handschuhpaar zum Kontakt zwischen dem Mikrobiom des aktuell behandelten Patienten und einem fremden Mikrobiom, wodurch potentiell die Gefahr einer mikrobiellen Transmission von Keimen besteht. Die Herkunft der Keime kann Einfluss auf die Zusammensetzung des Mikrobioms auf der Mund-Nasen-Schutzmaske haben. Dies kann Einfluss auf die Spezies der übertragenen Keime haben, jedoch nicht auf die generelle, potentiell stattfindende mikrobielle Transmission, die Gegenstand dieser Untersuchung ist.

Die untersuchten therapeutischen Maßnahmen wurden durch mehrere unterschiedliche Behandler ausgeführt, um ein vom Behandler unabhängiges Ergebnis zu erhalten. Für die Probennahmen wurden TSA-Platten genutzt. Für jeden Schutzkleidungsbestandteil wurde eine eigene, neue dieser Platten benutzt. Die benutzten TSA-Probenplatten hatten einen Durchmesser von 90 mm. Der zur Probennahme nutzbare Platz auf der Platte ist daher begrenzt und kann nur einen Teil der Oberfläche der Schutzkleidungsbestandteile darstellen. Außerhalb der Platte liegende Bereiche werden nicht erfasst. Dies hat zur Folge, dass das vorgefundene Keimspektrum gegebenenfalls unterschätzt wird. Weiterhin ist zu bedenken, dass der Mundschutz semipermeabel ist. Es werden jedoch bei der Probennahme nur Keime der Oberfläche aufgenommen. Auch hier kann es dazu kommen, dass ein Teil des Keimspektrums nicht nachgewiesen wird. Die TSA-Platten wurden danach für 48 Stunden bei $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ bei 5 prozentiger CO_2 -Atmosphäre in einem Inkubationsschrank gelagert, um ein Wachstum der auf den Platten abgestreiften Keimen zu ermöglichen. Nach der Inkubationsphase wurde das stattgefundene Wachstum betrachtet. Dabei wurden die Gattung und die Menge der vorgefundenen Keime bestimmt, um eine Aussage über die Art und Intensität der Kontamination zu ermöglichen. Die Bestimmung der Gattung der Keime fand mittels MALDI-TOF Massenspektrometrie statt. Die Probennahme-Technik hat jedoch sowohl Vor- als auch Nachteile. Es werden bei einer Probennahme mittels TSA-Platten nur lebende Keime erfasst. Dies erhöht die Genauigkeit insofern, als von bereits abgestorbenen Keimen keine Infektionen ausgehen. Der verwendete Agar weist jedoch selektive Eigenschaften auf und ist somit nicht für alle Keime geeignet. Die meisten Keime können jedoch nachgewiesen werden. Obligat anaerobe und langsam wachsende Keime werden allerdings nicht erfasst. Bei der MALDI-TOF Massenspektrometrie findet weiterhin eine Selektion bezüglich des Phänotyps der Keime statt. Nur Keime mit unterschiedlichem Erscheinungsbild werden untersucht, was zur Folge haben

kann, dass das vorhandene Keimspektrum unterschätzt wird. Bei dichtem Bewuchs wurden Proben aus unterschiedlichen Bereichen herausgesucht.

Das kompetitive Wachstum auf der TSA-Platte führt ebenfalls zu einer Reduktion des Keimspektrums. Durch das vermehrte Wachstum von Keimen mit Selektionsvorteilen werden die rezessiveren Keime verdrängt.

Zur Auswertung wurden die Ergebnisse jedes Schutzkleidungsbestandteils pro Behandlungsform in ein Scoring-System von 0 bis 3 eingeteilt, das eine einfache und übersichtliche Aussage über das Vorliegen und die Intensität der Kontamination ermöglicht. Score 0 bedeutet dabei, dass keine Kontamination nach zweitägiger Inkubation nachgewiesen werden konnte. Mit steigendem Score liegt eine höhere Kontamination vor.

Der Versuchsaufbau stellt den Übertragungsweg von Keimen zwischen verschiedenen Patienten über die Mund-Nasen-Schutzmaske dar. Ein mehrfach genutzter Mundschutz bildet dabei die Brücke zwischen den Behandlungen verschiedener Patienten. Die Praxis der im Behandlungsalltag oft ganztägig genutzten Mund-Nasen-Schutzmasken bedeutet ein Kontaminationsrisiko, das die Übertragung von Keimen ermöglicht. Die grundlegende Überlegung ist dabei, dass verschiedene Behandlungen durchgeführt werden, bei denen zwar die Handschuhe, aber nicht die Mund-Nasen-Schutzmaske zwischen verschiedenen Patienten gewechselt werden. Bei einem nächsten Patienten wird die Mundschutzmaske mit frischen Handschuhen wieder aufgesetzt und dabei berührt. Dadurch findet eine Transmission von Keimen über die Kontaktfläche zwischen frischem Handschuh und Mundschutz statt. Die Übertragung von Keimen bringt das Risiko einer Infektion mit sich. Die meisten vorgefundenen Keime sind Bestandteil des dermalen Mikrobioms. Die höchste Prävalenz hat dabei *S. epidermidis*. Generell finden sich in 20 % der Masken Staphylokokkus-Spezies. Das Infektionsrisiko birgt nicht nur Raum für die Transmission von beispielsweise kariogenen Bakterien wie *S. mutans* oder parodontopathogenen Keimen wie *P. gingivalis*, sondern auch für multiresistente Erreger wie den Methicillin-resistenten *S. aureus*. Besonders multiresistente Keime können zu schwerwiegenden Krankheitsverläufen führen, die schwierig zu therapieren sind. Daher gilt es die Übertragung von Keimen zu vermeiden.

Dieses Übertragungsrisiko betrifft allerdings nicht nur zahnmedizinische Einrichtungen, sondern den gesamten medizinischen Sektor. Die auch als „nosokomiale Infektionen“ bekannten Krankenhausinfektionen stellen ein hohes Risiko für die Gesundheit von Patienten, aber auch für medizinisches Personal dar. Gerade in Gesundheitseinrichtungen finden sich zudem vermehrt Patienten mit beeinträchtigter Immunlage. Diese sind besonders

infektionsgefährdet. Patienten sowie zahnmedizinisches und medizinisches Personal müssen deshalb durch geeignete Hygienemaßnahmen vor Keimtransmission geschützt werden.

Daher empfiehlt es sich, nicht nur die Schutzhandschuhe zwischen der Behandlung verschiedener Patienten zu wechseln, sondern auch die Mund-Nasen-Schutzmaske. Beide werden bei therapeutischen Maßnahmen kontaminiert und stellen deshalb ein Risiko für die Transmission von Keimen dar.

5.2 Vergleich der Studienergebnisse mit der Literatur

5.2.1 Kontamination von zahnmedizinischem und medizinischem Personal

Als Ergebnis der Untersuchungen dieser Studie zeigt sich, dass die Mund-Nasen-Schutzmaske bei Aerosol produzierenden zahnärztlichen Tätigkeiten mikrobiell kontaminiert wird. Auch Luksamijarulkul et al. wiesen bei der Untersuchung von getragenen Mundschutzmasken von Krankenhausmitarbeitern eine bakterielle Kontamination der Außenseite nach. Dabei lagen hauptsächlich *Staphylococcus spp.* vor. Neben dem bakteriellen Mikrobiom wurde eine Besiedlung mit Pilzen der Gattung *Aspergillus* auf den Masken gezeigt (Luksamijarulkul et al., 2014). Dies deckt sich mit den Ergebnissen dieser Studie, bei der ebenfalls Bakterien und *Aspergillus*-Arten nachgewiesen wurden. Der auf den Mund-Nasen-Schutzmasken vorgefundene *A. versicolor* ist ein gesundheitsschädliches Pathogen, das leicht aspiriert und auch im Pulmonalgewebe nachgewiesen werden kann. *A. versicolor* kann Leber- und Nierenschäden verursachen und ist karzinogen (Piontek et al., 2016). Es ist zu beobachten, dass der Mundschutz möglicherweise neben einem Schutz vor Bakterien auch eine gewisse Schutzleistung vor Pilzarten haben kann. Dieser Aspekt wurde aber im Rahmen dieser Studie nicht weiter untersucht, da das Hauptaugenmerk auf bakterieller Kontamination liegt, und bedarf potentiell weiterer Betrachtung. Sachdev et al. untersuchten ebenfalls Mund-Nasen-Schutzmasken von zahnärztlichem Personal, da dieses einer höheren Gefahr von Infektionen aufgrund von kontaminativen Speichel-Tropfen und Aerosolen ausgesetzt ist. Ziel ihrer Untersuchung war der Nachweis von Bakterien und Pilzen auf der Schutzmaske. Als Ergebnis der Studie fanden sich hauptsächlich Staphylokokken, gefolgt von Streptokokken und Pseudomonaden. Es zeigten sich ebenfalls *Aspergillus*-Arten (Sachdev et al., 2020). Auch in der vorliegenden Studie zeigt sich hauptsächlich eine Kontamination mit *S. epidermidis*, folglich mit Staphylokokken. *S. epidermidis* kommt als kommensaler Organismus ubiquitär auf menschlicher Haut und Schleimhaut vor, kann jedoch auch Infektionen im Sinne einer Bakteriämie verursachen. Dabei handelt es sich im Regelfall um nosokomiale Infektionen

(Kleinschmidt *et al.*, 2015). Durch die generelle Besiedlung der Haut lässt sich erklären, warum sich *S. epidermidis* besonders häufig auf den Mund-Nasen-Schutzmasken und den untersuchten Handschuhpaaren nachweisen lässt. Kim wies 2017 nach, dass *S. epidermidis* auf 55 % der Handflächen von Dentalhygienikern zu finden sind (Kim, 2017). Ob der Keim von der Oberfläche der Haut beziehungsweise Schleimhaut des Patienten oder des Behandlers stammt, lässt sich nicht sagen und wurde nicht nachverfolgt. Dieser Sachverhalt ist für das generelle Vorkommen einer Keimtransmission nicht erheblich, da dies nichts an der potentiellen Infektiosität eines Keims ändert.

Die Forschergruppe um Sachdev empfiehlt nach Auswertung ihrer Untersuchungen abschließend die Mund-Nasen-Schutzmaske nach jedem Patienten zu wechseln (Sachdev *et al.*, 2020), was sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie deckt. Sachdev *et al.* vermuten durch die Kontamination der Schutzmaske einen potentiellen Weg zur Keimtransmission, zum Beispiel nach Berühren einer bereits benutzten Maske (Sachdev *et al.*, 2020). Die Keimtransmission über eine Mund-Nasen-Schutzmaske, die bei einer Aerosol oder Tröpfchen produzierenden zahnmedizinischen Behandlung eines vorhergehenden Patienten getragen wurde, auf einen nachfolgenden Patienten bei unterlassenen Maskenwechsel ist die zentrale Betrachtung der vorliegenden Pilotstudie. Der Übertragungsweg von Keimen über eine Mund-Nasen-Schutzmaske konnte eindeutig nachgewiesen werden. Die Durchführung einer geeigneten Wechselhygiene bei Schutzmasken scheint jedoch nicht allgemein gängige Praxis zu sein. Bei der Befragung von 130 zahnmedizinischen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen konnte gezeigt werden, dass oft kein geeigneter Umgang mit Mund-Nasen-Schutzmasken stattfindet. So geben die Umfrageteilnehmer an, dass mehr als jeder Vierte seine benutzte Maske mit Kollegen tauscht. Mehr als zwei Drittel der Befragten lagern ihre Mund-Nasen-Schutzmaske auf dem Instrumententray, fast ein Fünftel hingegen in der Tasche ihres Arbeitskittels. Etwa 13 % lagern die Maske in einem Buch. Obwohl einer überwiegenden Mehrheit von über 85 % der Umfrageteilnehmer eine potentielle Übertragung von Keimen über einen nicht gewechselten, benutzten Mundschutz bewusst zu sein scheint, gibt fast ein Drittel der Befragten an, die Maske nur im Tagesrhythmus zu wechseln. In mehr als zwei Drittel der Fälle erfolgt jedoch ein Wechsel nach jedem Patienten (Sachdev *et al.*, 2020). Diese Beobachtungen zeigen, dass der Mund-Nasen-Schutzmaske, wie in der Annahme dieser Arbeit statuiert wurde, als mikrobieller Kontaminationsweg bisher wenig beziehungsweise keine Beachtung geschenkt wurde, obwohl sich die Mehrheit der zahnmedizinischen Mitarbeiter der potentiellen Gefahr bewusst ist. Diese Tatsache deutet nochmals deutlich darauf hin, dass es wichtig ist, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass eine kontaminierte Schutzmaske nach

jedem Patienten gewechselt werden sollte. Diese Maßnahme dient nicht nur dem Schutz des Patienten, sondern auch dem des zahnmedizinischen Personals.

Durch vorherige Forschungen konnten Veena et al. zeigen, dass bei zahnmedizinischer Arbeit mit einem Ultraschallgerät der Kopf, die Mund-Nasen-Schutzmaske, der rechte Arm des Behandlers und der linke Arm der Assistenz und der Brustbereich besonders von Tröpfchen und Aerosolrückständen betroffen sind. Die Forschergruppe spricht eine Empfehlung zum Tragen von Schutzhandschuhen und einer feinporigen Mund-Nasen-Schutzmaske mit gutem Sitz aus. Die Filterleistung der Maske bestimmt die Fähigkeit der Maske, Keime zurückhalten zu können. Die Filterleistung wird unter anderem durch das Vorhandensein eines Bartes und dessen Länge, sowie durch Verrutschen und Bewegen der Maske und durch die Sprechlautstärke beeinflusst (Veena *et al.*, 2015). Nejatidanesh et al. stellten fest, dass die größte Kontamination bei parodontaler und prothetischer Behandlung von Patienten mit Ultraschallinstrumenten und rotierenden Instrumenten bei zahnmedizinischem Personal im Bereich der Nase und des inneren Auges zu finden ist. Bei der parodontalen Behandlung wies die Forschergruppe eine stärkere Kontamination nach als bei der prothetischen Behandlung (Nejatidanesh *et al.*, 2013). Kim konnte durch seine Studie zeigen, dass die Hände von Dentalhygienikern stärker kontaminiert waren als die Oberflächen medizinischer Geräte (Kim, 2017). Dass der Nasen-Mund-Bereich bei zahnmedizinischem Personal besonders großer mikrobieller Belastung ausgesetzt ist, zeigt sich auch im Rahmen dieser Studie, da alle Mund-Nasen-Schutzmasken mit Keimen kontaminiert waren. Die Beobachtung, dass die parodontale Therapie ein hohes kontaminatives Potential aufweist, zeigt sich in beiden Studien. Alle Mundschutzmasken und alle bei der Behandlung getragenen Handschuhe waren kontaminiert. Ebenso geben die Forschungsergebnisse von Desarda et al. zu bedenken, dass selbst eine Absaugung mit einem großvolumigen Aufnahmeansatz zu keiner signifikanten Reduktion von Aerosolen bei supra- und subgingivalem Scaling führt (Desarda *et al.*, 2014). Das kann die große mikrobielle Belastung des zahnmedizinischen Personals und der Schutzkleidung bei Aerosol produzierenden Behandlungen erklären.

Zhiqing et al. betrachteten in ihren Untersuchungen den Einfluss der Tragedauer auf die mikrobielle Kontamination der Mund-Nasen-Schutzmaske. Es stellte sich heraus, dass mit steigender Tragedauer auch die Menge an koloniebildenden Einheiten stieg. Weiterhin konnte beobachtet werden, dass die sich auf der inneren Schicht der Mund-Nasen-Schutzmaske, die sich nah am Gesicht des Operateurs befand, eine stärkere mikrobielle Kontamination fand als auf der äußeren, zum Patienten gerichteten. Die Forschergruppe schließt daraus, dass zweilagige Mund-Nasen-Schutzmasken eine bessere Filterleistung aufweisen. Auch als

Ergebnis dieser Studie wird ein Wechsel der Mund-Nasen-Schutzmaske nach jedem Patienten empfohlen (Zhiqing *et al.*, 2018). Nach einer halben Stunde Tragezeit bei Aerosol produzierender Tätigkeit zeigt sich bei der vorliegenden Studie auf jeder zweilagigen Mundschutzmaske eine mikrobielle Kontamination. Bei der Untersuchung der Mund-Nasen-Schutzmasken wurde bei der Probennahme die Außenseite mit der TSA-Platte in Kontakt gebracht. Von der Innenseite wurde keine Probe genommen. Das legt die Vermutung nahe, dass der größte Anteil der nachgewiesenen mikrobiellen Kontamination durch Aerosole und Tröpfchen zustande kommt. Ohne Kontrolle der Innenseite kann diese Annahme jedoch nicht abschließend geklärt werden.

5.2.2 Mikrobielle Übertragung zwischen Personengruppen

Die Untersuchungen und Probennahmen dieser Studie haben deutlich gezeigt, dass eine mikrobielle Übertragung von Patienten zu Behandler möglich ist. Bei der Behandlung werden die Handschuhe mikrobiell kontaminiert, aber auch die Mund-Nasen-Schutzmaske. Beide stellen somit ein Risiko dar, Keime auf das zahnmedizinische Personal und weitere Patienten zu übertragen.

Weiterhin lässt sich eine mikrobielle Transmission von Keimen durch einen Behandler auf einen Patienten darstellen. Durch das Berühren des bei der Behandlung des vorherigen Patienten getragenen Mund-Nasen-Schutzes durch den zweiten Handschuh zeigt sich, dass beispielsweise bei einem Wiederaufsetzen des Mundschutzes bei einem neuen Patienten die Möglichkeit einer mikrobiellen Kontamination besteht. Beide Wege kombiniert ermöglichen die Keimübertragung von einem Patienten zum nächsten.

Bereits 1981 wiesen Hadler *et al.* und 1986 auch Shaw *et al.* auf die Übertragung von Viren durch einen Zahnarzt auf Patienten hin (Hadler *et al.*, 1981; Shaw *et al.*, 1986). Auch Geffers *et al.* sehen unter anderem im medizinischen Personal eine Übertragungsquelle für Keime (Geffers *et al.*, 2002). Porter *et al.* legten in einem Artikel 1994 die Gefahr der Übertragung von Viren über Blut auf zahnmedizinisches Personal, insbesondere Oralchirurgen und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen, dar (Porter *et al.*, 1994).

5.2.3 Aerosole

Der Fokus der Studie lag auf aerosolhaltigen Behandlungen, da diese entscheidend zur mikrobiellen Kontamination beitragen. Veena *et al.* zeigten in ihrer Studie, dass kontaminierte Aerosole und Tröpfchen wichtige Parameter bei der Keimübertragung sind. Untersucht wurde die Flugdistanz von Tröpfchen und Aerosolen bei der Ultraschallreinigung. Es zeigt sich, dass

der rechte Arm des Behandlers und der linke Arm der Assistenz besonders stark von mikrobieller Kontamination betroffen sind. Ebenso weisen Kopf und Brust eine mikrobielle Kontamination auf. Veena et al. zeigten, dass Aerosole bis zu 30 Minuten nach der Ultraschallreinigung in der Luft nachgewiesen werden konnten (Veena *et al.*, 2015). Kimmerle et al. kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Aerosole zur Keimübertragung führen. Die Forschergruppe untersuchte die Unterschiede zwischen einer Dentalklinik mit mehreren Behandlungseinheiten pro Zimmer, einer Praxis mit einer einzelnen Behandlungseinheit im Zimmer und einem nicht-medizinischen Umfeld. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über vier Tage. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass die Menge an koloniebildenden Einheiten im zahnmedizinischen Umfeld nicht signifikant höher ist als im öffentlichen Raum. Kimmerle et al. gaben jedoch zu bedenken, dass die mikrobielle Zusammensetzung des in der zahnmedizinischen Umgebung nachgewiesenen Mikrobioms eine andere ist. Weiterhin gaben sie zu bedenken, dass sich in einer Klinik gegebenenfalls Personen mit einer kompromittierten Abwehrlage befinden. Dazu ist die mikrobielle Expositionsdauer in der Praxis länger (Kimmerle *et al.*, 2012). Zemouri et al. sehen in Bioaerosolen weiterhin eine Gefahr für Patienten und zahnmedizinisches Personal. Besonders ältere Patienten sowie Patienten und Personal mit Lungen- beziehungsweise Atemwegserkrankungen sind dabei gefährdet (Zemouri *et al.*, 2017). Auch Geffers et al. sehen die Gefahr einer nosokomialen Infektion vor allem bei vorerkrankten Patienten (Geffers *et al.*, 2002). Die Beobachtung der äußerst ausgeprägten Bildung kontaminierter Aerosole bei der Ultraschallreinigung teilen Singh et al. (Singh *et al.*, 2016) sowie Veena et al., die jedoch zusätzlich eine Bildung von Aerosolen bei der Arbeit mit rotierenden Instrumenten sehen (Veena *et al.*, 2015). Kimmerle et al. beobachteten die Bildung von Aerosolen bei der Benutzung der dentalen Turbine (Kimmerle *et al.*, 2012).

Eine Gefahrenquelle zur mikrobiellen Transmission von Keimen stellen jedoch nicht nur Aerosole, sondern auch Tröpfchen dar. Sowohl Tröpfchen als auch Aerosole sind wichtige Parameter bei der Übertragung im nahen Umfeld von weniger als 1,5 m um den Patienten. Aerosole bleiben für längere Zeit in der Luft stehen und können auch zur Übertragung von Keimen bei Strecken von mehr als 1,5 m führen (National Academies of Science, Engineering and Medicine, 2020). Als Maßnahmen zur Reduktion der Bakterienlast in Tröpfchen und Aerosolen können zum einen eine Spülung mit Chlorhexidin vor der Behandlung dienen (Koletsis *et al.*, 2020) und zum anderen die Nutzung von Kofferdam sowie der Einsatz einer großvolumigen Absaugung (Kumbargere Nagraj *et al.*, 2020).

5.2.4 Trageempfehlungen von Schutzkleidung

Das Tragen von Schutzhandschuhen wird bei der Behandlung empfohlen, ebenso wie die direkte Entsorgung nach der Benutzung (Nußbaum *et al.*, 2016). Um eine Keimübertragung zu verhindern, sind diese zwischen verschiedenen Prozessen zu wechseln (Loveday *et al.*, 2014). Diese Verhaltensempfehlung deckt sich mit der vorliegenden Studie, da die benutzten Handschuhe in allen Fällen kontaminiert waren. Diese Empfehlungen sind im Praxisalltag allgemein bekannt.

Weiterhin wurde bereits 1971 durch Miller *et al.* aufgrund der Bildung von Aerosolen das Tragen einer Schutzbrille während der Behandlung empfohlen (Miller *et al.*, 1971). Auch Becker *et al.* empfehlen das Tragen einer Schutzbrille (Becker *et al.*, 2005).

Laut dem Robert Koch-Institut gehört das Tragen einer Mund-Nasen-Schutzmaske zur Hygiene und Infektionsprophylaxe (Robert Koch-Institut, 2007). Die Ansicht, dass der Mundschutz zum Personenschutz, aber darüber hinaus auch zum Patientenschutz gehört, teilen Nußbaum *et al.* Sie statuieren weiterhin, dass die Mund-Nasen-Schutzmaske flüssigkeitsdicht, mehrlagig und in Bezug auf die Passform geeignet sein muss. Sie sollte Mund, Nase und Bart bedecken. Außerdem wird der Wechsel nach jedem Patienten empfohlen (Nußbaum *et al.*, 2016). Dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Im Gegensatz dazu empfehlen Becker *et al.* den Wechsel der Maske bei Durchfeuchtung oder Verschmutzung (Becker *et al.*, 2005). Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit weist darauf hin, dass nur Atemschutzmasken vor Aerosolen schützen (Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, 2020). Popp und Zastrow untermauern diese These damit, dass an der Mund-Nasen-Schutzmaske vorbeigeatmet werden kann (Popp *et al.*, 2011). Ruscher und Mielke zeigen ebenfalls auf, dass Mundschutzmasken verglichen mit Atemschutzmasken eine geringere Dichtigkeit aufweisen (Ruscher *et al.*, 2015). Es zeigt sich, dass das generelle Tragen einer Mund-Nasen-Schutzmaske empfohlen wird. Hinsichtlich allgemeingültiger Wechselempfehlungen liegen bisher allerdings keine Informationen vor. Die Ergebnisse dieser Pilotstudie weisen darauf hin, dass ein Wechsel nach jedem Patienten zu empfehlen ist.

Die Corona-Pandemie 2020 zeigt deutlich, dass die Mund-Nasen-Schutzmaske eine wichtige Komponente der Schutzkleidung ist, indem sie das Risiko einer Keimtransmission verringert. Das SARS-CoV-2 findet seine Eintrittspforte im Angiotensin-Converting-Enzyme 2 (ACE2) auf mukosalem Gewebe der Mundhöhle, des Respirationstraktes und der Augen (Volgenant *et al.*, 2020). Die Maske deckt Mund und Nase ab. Sie dient daher als Barriere gegen Keimtransmission. Da sich bei einer zahnärztlichen Behandlung insbesondere mit Wasserkühlung infektiöse Bioaerosole bilden (Volgenant *et al.*, 2020), wird das Tragen einer

FFP2/N95/KN95-Maske empfohlen (Rupf *et al.*, 2020). Diese Masken filtern Partikel effektiver als Mund-Nasen-Schutzmasken (Volgenant *et al.*, 2020). Im Rahmen dieser Studie zeigt sich, dass Mundschutzmasken regelmäßig mikrobiell kontaminiert werden. Die Masken sollten daher nach jedem Patienten gewechselt werden. Ebenso gilt es, ein hygienisch korrektes An- und Ablegen der Masken sowohl in der Praxis als auch im Alltag durchzuführen. Diese Problematik zeigt sich allerdings nicht nur für Mund-Nasen-Schutzmasken, sondern auch für FFP-Masken. Dies kollidiert an manchen Stellen gegebenenfalls mit der Verfügbarkeit an Masken (Robert Koch-Institut, 2020). Es stellt sich die Frage, ob es ausreicht, FFP-Masken mit Mund-Nasen-Schutzmasken zu überdecken, für den Fall, dass die FFP-Masken ressourcenschonend eingesetzt werden müssen. Nach Aerosol produzierenden Maßnahmen müssen FFP-Masken gewechselt werden (Robert Koch Institut, 2020). Es muss weiterhin untersucht werden, ob im Gegensatz zu FFP-Masken ohne Ventil FFP-Masken mit Ventil mit einer Mund-Nasen-Schutzmaske zu überdecken sind. Ventillose FFP-Masken filtern im Gegensatz zu FFP-Masken mit Ventil auch die Ausatemluft (Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2020). FFP-Masken mit Filtern sollten daher mit einem Vlies nach DIN EN 14683 abgedeckt werden, um einen Fremdschutz zu gewährleisten (Robert Koch Institut, 2020). Ebenso schützen Schutzvisiere nur vor Spritzern, aber nicht vor Aerosolen, wodurch das Tragen einer Maske unter einem Visier notwendig wird.

5.2.5 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem dentaler Aerosole

Betrachtet man die Ergebnisse der Probennahmen und die Keime, die Kimmerle *et al.* bei der Untersuchung dentaler und nicht-dentaler Aerosole beschreiben, zeigen sich ebenfalls große Gemeinsamkeiten. Es liegen Koagulase-negative Staphylokokken wie *S. epidermidis*, *S. hominis* und *S. capitis* sowie Pseudomonaden wie *P. stutzeri* vor. Aspergillus-Arten sowie *M. luteus* kommen ebenfalls vor. Bei der vorgefundenen Aspergillus-Art handelt es sich um *A. versicolor*, der bei der Betrachtung der Mund-Nasen-Schutzmasken und Schutzhandschuhe nachgewiesen werden konnte. Dies war bei einer Probe der Fall. Die Keime der Gruppe „Andere“, wie beispielsweise *B. pumilus* und *M. lylae*, konnten im Rahmen dieser Studie bei der Untersuchung der Schutzkleidungsbestandteile nicht nachgewiesen werden (Kimmerle *et al.*, 2012). Bei Nachforschungen über dentale Bioaerosole wiesen Kobza *et al.* ebenfalls vorwiegend koagulase-positive Bakterien nach. Darunter fanden sich unter anderem *S. epidermidis* und *Micrococcus spp.* Neben Bakterien wies die Forschergruppe Pilze nach (Kobza *et al.*, 2018). *S. epidermidis* und *Micrococcus*-Spezies wurden bei den Proben der vorliegenden Studie ebenfalls nachgewiesen. *S. epidermidis* ist ein Keim des Mikrobioms der Haut und

Schleimhaut, der ubiquitär vorhanden ist. Problematisch wird der Keim vor allem, wenn er ins Gewebe beziehungsweise die Blutbahn eindringen kann. Dort kann er zu einer Bakteriämie führen (Kleinschmidt *et al.*, 2015). Keime der *Micrococcus*-Spezies sind ebenfalls Teil des nativen Mikrobioms der Haut und der mukosalen Membranen. Mikrokokken können jedoch auch zu Bakteriämie, Endokarditis, Ventrikulitis, Peritonitis, Pneumonie, Endophthalmitis, Keratolyse und septischer Arthritis führen (von Eiff *et al.*, 1996). Da sowohl *M. luteus* als auch *S. epidermidis* zum normalen Mikrobiom der Haut gehören, konnten sie vermutlich in den Proben asymptomatischer, nicht erkrankter Patienten nachgewiesen werden.

5.2.6 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom von Haut, Nase und Mundhöhle

Vergleicht man die bei den Probennahmen vorgefundenen Keime mit der Literaturlage, zeigt sich, dass bei der Behandlung eine mikrobielle Kontamination mit Keimen des Haut- und Nasenmikrobioms vorkommt. *S. aureus* und *S. epidermidis* wurden beide vorgefunden. Byrd *et al.* beschreiben beide als Teil des Hautmikrobioms (Byrd *et al.*, 2018). *S. aureus* wurde in 3 Proben gefunden. Laut Machado *et al.* liegt dieser Keim jedoch bei zirka 30 % der Menschheit als Hautkeim vor (Machado *et al.*, 2019). Gerade *S. aureus* kann äußerst problematisch sein, da er einer der wichtigsten Keime bei nosokomialen Infektionen ist. Als *Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus* weist er häufig Resistenzen gegen antimikrobielle Substanzen auf (Lister *et al.*, 2014). Doch nicht nur *S. aureus* kann zu Infektionen führen, sondern auch *S. epidermidis* (Oliveira *et al.*, 2018). *S. aureus* wird von Gen *et al.* auch als Teil des Nasenmikrobioms beschrieben (Gen *et al.*, 2017). Die Forschergruppe um Fekete wies *S. epidermidis* im nasalen Mikrobiom nach (Fekete *et al.*, 2019). *S. epidermidis* wurde bei der Untersuchung der Proben der Schutzkleidungsbestandteile mit Abstand am häufigsten gefunden. In 101 Fällen von 150 fiel der Test auf *S. epidermidis* positiv aus. Bei der Probennahme und Auswertung konnten außerdem *S. oralis* und Corynebakterien nachgewiesen werden, die beide Bestandteil der Nasenflora sind. Patel *et al.* beschreiben *S. oralis*, der zur Streptokokkus-mitis-Gruppe gehört, als Keim des Nasenmikrobioms (Patel *et al.*, 2019). Corynebakterien und *P. acnes* wurden durch Fekete nachgewiesen (Fekete *et al.*, 2019). *P. acnes* wurde bei den für diese Pilotstudie durchgeführten Probennahmen nicht gefunden. Malassezia-Spezies (Jo *et al.*, 2017) als Teil des natürlichen dermalen Mikrobioms wurden bei den durchgeführten Probennahmen nicht nachgewiesen.

Gleicht man die nachgewiesenen Keime mit der Literaturlage zum nativen Mikrobiom der Mundhöhle ab, finden sich einige Parallelen. *S. parasanguinis*, *S. sanguinis*, *S. salivarius*, *S.*

infantis und *S. mitis* wurden bei den Probennahmen vorgefunden und finden sich auch in der Literatur als native Besiedlung der Mundhöhle (Dewhirst *et al.*, 2010). Schon Hamada *et al.* beschrieben 1980 Streptokokken als Bestandteil des oralen Mikrobioms (Hamada *et al.*, 1980). Dewhirst *et al.* wiesen ebenso *S. oralis*, *S. constellatus*, *S. anginosus*, *S. intermedius* und *Streptococcus mutans* nach. Diese wurden jedoch bei den Probennahmen zu dieser Pilotstudie nicht vorgefunden. Als Teil des Mundmikrobioms werden weiterhin *E. faecalis*, *B. subtilis*, *Bacillus clausii* und Laktobazillus-Spezies beschrieben (Dewhirst *et al.*, 2010). Von diesen genannten Keimen wurden auf der Schutzkleidung jedoch nur *E. faecalis* und *B. subtilis* gefunden. Bei *B. subtilis* handelt es sich um einen probiotischen Keim mit positiven Effekten für den Körper (Levefre *et al.*, 2017). Durch Aas *et al.* beschriebene Veillonella und Gemella wurden im Rahmen dieser Studie nicht nachgewiesen (Aas *et al.*, 2005). Es finden sich außerdem Studien, die Rothia, Fusobakterien und Neisserien als Teil des oralen Mikrobioms beschreiben (Fekete *et al.*, 2019). *Rothia aeria* und *R. dentocariosa* wurden bei den vorliegenden Probennahmen vorgefunden. *R. dentocariosa* kann wie *R. aeria* bei Menschen mit kompromittiertem Immunsystem zu unterschiedlichen systemischen Erkrankungen führen (Tsuzukibashi *et al.*, 2017). Ebenso konnten *Neisseria macacae*, *Neisseria perflava*, *Neisseria subflava* und *Neisseria oralis* nachgewiesen werden. Bei *N. macacae* handelt es sich um einen Keim, der normalerweise zum nativen oralen Mikrobiom von Rhesusaffen gehört. Bei Menschen sind Infektionen durch *N. macacae* äußerst selten. Vecten *et al.* beschrieben 2017 den ersten dokumentierten Fall einer durch *N. macacae* bedingten infektiösen Endokarditis (Vecten *et al.*, 2017). Ein weiterer Fall einer durch den Keim bedingten infektiösen Endokarditis wurde 2020 durch die Forschergruppe um Ai beschrieben (Ai *et al.*, 2020). Der Nachweis dieses seltenen Keims bei einem Menschen in einer Region, in der Rhesusaffen nicht freilebend vorkommen, lässt sich gegebenenfalls durch eine Tätigkeit als Tierpfleger in einem nahegelegenen Zoo erklären. *N. perflava* und *N. subflava* können zu schweren systemischen Infektionen führen wie Endokarditis, Sepsis oder Meningitis, obwohl sie zum normalen Mikrobiom der Mundhöhle gehören (Feder *et al.*, 1984). Da es sich bei den Patienten um durchschnittlich gesunde Personen handelte, lässt sich der Nachweis der Keime durch ihre Zugehörigkeit zum nativen Mikrobiom der Mundhöhle erklären. Fusobakterien wurden auf der Schutzkleidung nicht gefunden. Wie auch beim Mikrobiom der Haut und der Nase gehören *S. epidermidis* und *S. aureus* zum nativen Mikrobiom der Mundhöhle. Weiterhin wird *S. caprae* als Teil des Mikrobioms des Cavum oris beschrieben (Dewhirst *et al.*, 2010). Alle drei Keime wurden bei den Probennahmen nachgewiesen.

5.2.7 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom dentaler Karies

Nach der Besiedlung der durch Hannig et al. beschriebenen bakterienfreien Pellikelschicht (Hannig *et al.*, 2005) mit bestimmten Keimen kann es bei entsprechender Substratzufuhr, Einwirkzeit und vernachlässigter Hygiene zur Entstehung einer Zahnkaries kommen. Die Ursache liegt in einem Ungleichgewicht des Mikrobioms der Mundhöhle, das zu Gunsten kariogener Keime verschoben wird (Zhu *et al.*, 2018). Als bekanntester Vertreter kariogener Keime wird häufig *S. mutans* genannt (Krzysciak *et al.*, 2014). Bei den durchgeführten Versuchen konnte dieser nicht nachgewiesen werden. Weitere an der Entstehung dentaler Karies beteiligte Streptokokken sind *S. mitis*, *S. oralis*, *S. sanguinis*, *S. gordinii* und *S. sobrinus* (Bourgeois *et al.*, 2017). Von diesen wurden *S. mitis*, *S. sanguinis* und *S. gordinii* auf der untersuchten Schutzkleidung gefunden. Das Vorliegen von *S. mitis* kann damit erklärt werden, dass bei den untersuchten Behandlungsmodalitäten wie „Füllungstherapie“ und „Endodontische Behandlung“ kariös erweichte, mit Biofilm besetzte Zahnhartsubstanz entfernt wurde. *S. mitis* und *S. oralis* sind jedoch nicht nur bei der Kariesentstehung beteiligt, sondern können auch bei Immuninsuffizienten zu Infektionen führen (Basaranoglu *et al.*, 2019). *S. sanguinis* ist ein Kommensale des Mikrobioms der Mundhöhle, was seinen Nachweis bei der Probennahme erklären kann. *S. sanguinis* verhindert als Frühbesiedler des oralen Biofilms zunächst das Wachstum pathogener Keime wie *S. mutans*, schafft aber die Grundlage zum Anhaften oral pathogener Keime. Neben seiner Beteiligung bei der Entstehung von Karies steht er im Zusammenhang mit Parodontitis und der Auslösung einer infektiösen Endokarditis (Zhu *et al.*, 2018). Laktobazillus-Spezies wurden durch die Forschergruppe um Inquimbert in kariösen Läsionen des Dentins nachgewiesen (Inquimbert *et al.*, 2019). Auf den betrachteten Mund-Nasen-Schutzmasken und Schutzhandschuhen befanden sich jedoch keine Laktobazillen. Von den durch Munson et al. angeführte Propionibakterien-Spezies und *R. dentocariosa* (Munson *et al.*, 2004) konnten nur letztere dokumentiert werden. Nach Hashimoto gehören auch Bifidobakterien zum Mikrobiom dentaler Karies (Hashimoto *et al.*, 2011), die allerdings auch nicht auf der Schutzkleidung gefunden wurden, was am überwiegend anaeroben Charakter von Bifidobakterien-Spezies liegen kann. Ähnlich verhält es sich mit den von Kressirer beschriebenen Scardovia-Spezies (Kressirer *et al.*, 2018). Die in der Literatur vor allem mit Wurzelkaries in Verbindung gebrachten Aktinomyzeten-Spezies (Takahashi *et al.*, 2016) konnten bei mehreren Probennahmen nachgewiesen werden. Unter anderem wurde *Actinomyces oris* gefunden. *E. faecalis* wurde in vorherigen wissenschaftlichen Arbeiten als Teil des Mikrobioms dentaler Karies beschrieben (Bourgeois *et al.*, 2017). Auch im Rahmen

dieser Pilotstudie konnte der Keim auf der Schutzkleidung bestimmt werden. Chong et al. konnten in Versuchen an Mäusen nachweisen, dass *E. faecalis* zu Wundinfektionen führen kann. Der Keim kann auch vom Immunsystem unerkannt in der Wunde persistieren und die Wundheilung verzögern (Chong et al., 2017). Karies stellt eine Erkrankung da, die über einen längeren Zeitraum besteht, wodurch wahrscheinlich speziell dieser Keim persistieren kann und nachweisbar ist. Besonders im Hinblick auf Wunden im Mundbereich ist eine Wundheilung unter den ortsbedingten äußeren Einflüssen schwierig. Das Mikrobiom des Mundes, die Immunlage des Patienten, mechanische Irritation durch Kauen und nahrungsbedingte Einflüsse, beispielsweise durch saure Speisen, bedingen unter anderem die Heilungsdauer von Verletzungen der Mundschleimhaut.

Im direkten Vergleich zwischen dem Keimspektrum dentaler Karies und dem in der Studie auf der Schutzkleidung nachgewiesenen Mikrobiom zeigen sich deutliche Parallelen. Dies liegt vermutlich darin begründet, dass unter anderem kariöse Läsionen behandelt wurden. Doch nicht nur bei der Füllungstherapie liegen mikrobiell besiedelte, kariöse Läsionen vor, sondern eventuell auch bei endodontischen Problematiken, bei denen eine tiefe kariöse Läsion Ursache von Beschwerden ist. Dadurch, dass Keime, aber besonders auch potentiell schädliche Keime nachgewiesen werden können, besteht ein relevantes kontaminatives Potential durch bei vorangegangenen Behandlungen getragene Schutzkleidung.

5.2.8 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom von Gingivitis und Parodontitis

Beim Vergleich des in der Literatur beschriebenen Keimspektrums der Gingivitis fällt auf, dass viele Keime nicht nachweisbar sind. Brown beschrieb im Mikrobiom der Gingivitis Fusobakterien und Prevotella-Spezies (Brown et al., 2019). Die Forschergruppe um Malek fand weiterhin Treponema-Spezies und Selenomonas-Spezies (Malek et al., 2017). In der vorliegenden Studie konnten jedoch keine der genannten Keime belegt werden. Das lässt sich damit erklären, dass die zur Probennahme genutzten TSA-Platten selektiv auf das Keimspektrum wirken. Bei allen genannten Gattungen handelt es sich um Anaerobier. Anaerobe Keime finden jedoch auf den genutzten Platten keinen geeigneten Nährboden. Dadurch wird das Keimspektrum, das sich auf der Schutzkleidung befindet, unterschätzt.

Das Keimspektrum der Parodontitis weist ebenfalls viele Anaerobier auf, wodurch sich ähnliche Schwierigkeiten beim Nachweis von Keimen auf der TSA-Platte zeigen wie bei der Gingivitis. Zemouri et al. beschreiben *P. gingivalis*, *T. denticola* und *T. forsythia* (Zemouri et al., 2019). Diese Keime wurden in der vorliegenden Studie nicht gefunden. Weitere vorherige

Studien weisen auf *P. intermedia*, *P. nigrescens*, *P. micros* und *F. nucleatum* als Bestandteil des Mikrobioms parodontaler Läsionen hin (Mohanty *et al.*, 2019). Diese konnten ebenfalls nicht im Rahmen der Probennahmen auf der Schutzkleidung nachgewiesen werden. *E. faecalis* hingegen wird in der Literatur als Keim des Mikrobioms der Parodontitis aufgezeigt (Bourgeois *et al.*, 2017) und konnte auch auf der Schutzkleidung belegt werden. *E. faecalis* kann vom Immunsystem unerkannt Wunden besiedeln und so zu verzögerter Wundheilung führen (Chong *et al.*, 2017). Gerade bei einer chronisch entzündlichen Erkrankung wie Parodontitis liegen Läsionen meist lange vor und werden oft erst bei Symptomen wie Rötungen, Exsudation oder Blutungen des Zahnfleisches sowie Zahnlockerung auffällig. Ein vollständiges Ausheilen einer parodontalen Läsion lässt sich in der Regel nicht erreichen. Eine regelmäßige professionelle Reinigung der Zahnfleischtaschen in Kombination mit guter häuslicher Pflege durch den Patienten kann jedoch zu einer geeigneten Kontrolle des gesunden Gleichgewichts des Mikrobioms führen, wodurch das Fortschreiten der Erkrankung persistiert oder zumindest verlangsamt wird. Das Vorliegen von Keimen wie *E. faecalis* ist daher für den Behandlungserfolg durchaus relevant. Die Durchführungen einer initialen Parodontitis-Therapie kann den Nachweis des Keims auf der Schutzkleidung erklären. *A. actinomycetemcomitans* ist ebenfalls ein Parodontopathogen, auf das vorherige Studien hinweisen (Gheorghita *et al.*, 2019), das aber auf den untersuchten Mund-Nasen-Schutzmasken und Schutzhandschuhen nicht dokumentiert werden konnte. Crisafulli zählt ebenfalls Aktinomyzeten zu den parodontalen Keimen (Crisafulli *et al.*, 2019). Aktinomyzeten-Spezies konnten nachgewiesen werden. Unter anderem wurde *A. oris* bei zwei Probennahmen belegt. *A. oris* kann als Keim relevant sein, da er im Verdacht steht, eine Endokarditis auslösen zu können. 2020 wurde durch die Forschergruppe um Phichaphop das erste Mal ein solcher Fall beschrieben (Phichaphop *et al.*, 2020). *A. oris* steht auch im Zusammenhang mit Bakteriämien und kann darüber hinaus zu einem Epikardialabszess führen. Kardiale Infektionen im Zusammenhang mit Aktinomyzeten sind allerdings extrem selten (Saeed *et al.*, 2020). *A. oris* liegt jedoch hauptsächlich im frühen Stadium dentaler Plaque zusammen mit *S. oralis* vor. Dadurch lässt sich das Vorliegen der Keime bei der Probennahme erklären.

5.2.9 Vergleich des nachgewiesenen Keimspektrums mit dem Mikrobiom endodontaler Läsionen

Das Keimspektrum endodontaler Läsionen umfasst überwiegend anaerobe Keime. Aktinomyzeten, *P. propionicum* und *F. nucleatum* sind als Besiedler endodontaler Läsionen in der Literatur angeführt. Jedoch werden auch *P. endodontalis*, *C. rectus*, *P. intermedia*, *P.*

micros und *P. anaerobius* beschrieben (Dioguardi *et al.*, 2019). Von diesen konnten jedoch nur die Aktinomyzeten bei der Probennahme der Schutzkleidung vorgefunden werden. Bourgeois weist auf *E. faecalis* als Keim des Mikrobioms endodontaler Läsionen hin (Bourgeois *et al.*, 2017). Dieser konnte im Rahmen dieser Pilotstudie in zwei Proben nachgewiesen werden. Rôcas und Siqueira führen in ihrer Studie als vorgefundene Keime bei der Wurzelkanalrevision Streptokokken und *P. alactolyticus* an (Rôcas *et al.*, 2012). *P. alactolyticus*, bei dem es sich um einen obligat anaeroben Keim handelt, wurde auf den untersuchten Mundschutzmasken und Handschuhen nicht dokumentiert, was durch die Selektivität der Probennahme auf aerobe Keime erklärt werden kann. Streptokokken konnten jedoch häufig nachgewiesen werden. Unter anderem wurden *S. oralis*, *S. mitis* und *S. anginosus* bei den Probennahmen der Schutzkleidung gefunden. Keime der Streptokokkus-Anginosus-Gruppe können zu einer Vielzahl von Infektionen führen (Fazili *et al.*, 2017), was das Vorliegen des Keims bei der Probennahme bei der endodontischen Therapie erklären kann. Als Kommensalen des Mukosamikrobioms wurde die potentielle Pathogenität des Keims bisher unterschätzt. Keime der Streptokokkus-Anginosus-Gruppe wurden von Asam *et al.* vor allem in Abszessen gefunden, spielen aber vermutlich ebenfalls eine Rolle bei zystischer Fibrose (Asam *et al.*, 2014). Bei einem dentogenen Abszess ist daher der Nachweis von *S. anginosus* auf der Schutzkleidung erklärbar. In der Literatur wird bei persistenten periapikalen Läsionen *A. phylum* genannt (Antunes *et al.*, 2015). Dieser Keim konnte im Rahmen der Studie nicht nachgewiesen werden.

5.3 Schlussfolgerung/Konklusion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das Anlegen einer frischen Mund-Nasen-Schutzmaske vor dem nächsten Patienten zur Prävention der Transmission von Keimen von einem Patienten zum nächsten zu empfehlen ist.

Bei den Mund-Nasen-Schutzmasken liegt oftmals eine Kontamination mit 1 bis 100 koloniebildenden Einheiten vor. Diese Belastung zeigt sich vor allem bei der Füllungstherapie und der Inlay-Therapie. Bei beiden Behandlungsmodi sind alle Mundschutzmasken kontaminiert, sodass ein Wechsel der Masken in jedem Fall empfehlenswert ist. Besonders stark kontaminiert stellen sich die Mund-Nasen-Schutzmasken im Falle der parodontologischen Behandlung und der Professionellen Zahnreinigung dar. Bei beiden werden zum Teil Werte von 100 bis 1000 koloniebildenden Einheiten erreicht. Bei der parodontologischen Therapie liegen Spitzenwerte von mehr als 1000 koloniebildenden Einheiten vor. Besonders bei diesen beiden Behandlungsmodi sollte dringend darauf geachtet werden, die Mundschutzmaske zwischen verschiedenen Patienten zu wechseln.

Bei der Endodontie zeigt sich hauptsächlich eine Kontamination der Mund-Schutzmasken mit 1 bis 100 koloniebildenden Einheiten. Es finden sich jedoch bei 10 % Proben, die mit mehr als 1000 koloniebildenden Einheiten kontaminiert sind. Entsprechend ist auch bei der Endodontie ein Wechsel der Schutzmaske empfehlenswert.

Im Rahmen der Studie konnte weiterhin gezeigt werden, dass oft Keime des nativen Haut-, Nasen- und Mundmikrobioms vorliegen. In vielen Fällen zeigt sich jedoch auch ein Mikrobiom, das potentielle Pathogene enthält. Unter anderem waren drei Proben positiv auf *S. aureus*. Ebenso wurden kariogene Keime wie *S. mitis* und *R. dentocariosa* auf der Schutzkleidung gefunden. Auch *E. faecalis* lag vor, der sowohl im Rahmen kariogener, endodontaler und parodontaler Läsionen nachgewiesen werden kann. Weiterhin wurde das Wachstum von Aktinomyzeten beobachtet, die unter anderem mitverantwortlich für Parodontitis und endodontische Läsionen sind. Dabei gilt es zu beachten, dass durch die fehlende Wachstumsmöglichkeit von anaeroben Keimen auf den verwendeten TSA-Platten das Keimspektrum auf den Mund-Nasen-Schutzmasken und Schutzhandschuhen unterschätzt wird.

6 Literaturverzeichnis

1. Aas JA, Paster BJ, Stokes LN, Olsen I, Dewhirst FE (2005) Defining the normal bacterial flora of the oral cavity. *J Clin Microbiol* 43(11):5721-5732
2. Aas JA, Griffen AL, Dardis SR, Lee AM, Olsen I, Dewhirst FE, Leys EJ; Paster BJ (2008) Bacteria of dental caries in primary and permanent teeth in children and young adults. *J Clin Microbiol* 46(4):1407-1417
3. Ai JW, Liu H, Li HX, Ling QX, Ai YQ, Sun SJ, Wang X, Zhang BY, Zheng JM, Jin JL, Zhang WH (2020) Precise diagnosis of. *Emerg Microbes Infect* 9(1):1864-1868
4. Antunes HS, Rôças IN, Alves FR, Siqueira JF (2015) Total and Specific Bacterial Levels in the Apical Root Canal System of Teeth with Post-treatment Apical Periodontitis. *J Endod* 41(7):1037-1042
5. Asam D, Spellerberg B (2014) Molecular pathogenicity of *Streptococcus anginosus*. *Mol Oral Microbiol* 29(4):145-155
6. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), Arbeitskreis "Krankenhaus- und Praxishygiene" (2009) Anforderungen an Handschuhe zur Infektionsprophylaxe im Gesundheitswesen. S1-Leitlinie, Registernummer 029 - 021
7. Basaranoglu ST, Ozsurekci Y, Aykac K, Aycan AE, Bıçakcigil A, Altun AB, Sancak B, Cengiz AB, Kara A, Ceyhan M (2019) *Streptococcus mitis/oralis* Causing Blood Stream Infections in Pediatric Patients. *Jpn J Infect Dis* 72(1):1-6
8. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (2020) Mund-Nasen-Schutz (MNS) oder Partikelfiltrierender Atemschutz (FFP) https://www.lgl.bayern.de/downloads/arbeitschutz/arbeitsmedizin/doc/merkblatt_mns_atemschutz.pdf

9. Becker J, Buhtz D, Exner M, Hilger R, Martiny H, Mielke M, Nassauer A, Unger G (2005) Infektionsprävention in der Zahnheilkunde — Anforderungen an die Hygiene. Mitteilung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut, Springer Medizin Verlag:376-378
10. Blome B, Braun A, Sobarzo V, Jepsen S (2008) Molecular identification and quantification of bacteria from endodontic infections using real-time polymerase chain reaction. *Oral Microbiol Immunol* 23(5):384-390
11. Bourgeois D, David A, Inquimbert C, Tramini P, Molinari N, Carrouel F (2017) Quantification of carious pathogens in the interdental microbiota of young caries-free adults. *PLoS One* 12(10):e0185804
12. Brown JL, Johnston W, Delaney C, Rajendran R, Butcher J, Khan S, Bradshaw D, Ramage G, Culshaw S (2019) Biofilm-stimulated epithelium modulates the inflammatory responses in co-cultured immune cells. *Sci Rep* 9(1):15779
13. Bundesministerium für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) (26.06.2020) Hinweise des BfArM zur Verwendung von Mund–Nasen-Bedeckungen (z.B. selbst hergestellten Masken, „Community- oder DIY-Masken“), medizinischen Gesichtsmasken sowie partikelfiltrierenden Halbmasken (FFP1, FFP2 und FFP3) im Zusammenhang mit dem Coronavirus (SARS-CoV-2 / Covid-19) <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Medizinprodukte/DE/schutzmasken.html>
14. Byrd AL, Belkaid Y, Segre JA (2018) The human skin microbiome. *Nat Rev Microbiol* 16(3):143-155
15. Carl Roth GmbH und Co. KG, (2017) Produkt-Datenblatt Trypton-Soja-Agar (TSA):1-2 <https://www.carlroth.com/medias/BA-CP70-DE.pdf?context=bWFzdGVyfGluc3RydWN0aW9uc3wyMjE2NzF8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGluc3RydWN0aW9ucy9oNGIvaDFkLzkwMDU1NDkwMjczNTgucGRm>

- fDhjMzVkMDE1N2Y3MjkzN2FmYjQ4YWZjMzYxM2NjYTRIYWU1NWU5NjE4
MjYzYTA3NjQxM2VmMDY4NDRmNjI1ZTU
16. Chalmers NI, Oh K, Hughes CV, Pradhan N, Kanasi E, Ehrlich Y, Dewhirst FE, Tanner AC (2015) Pulp and plaque microbiotas of children with severe early childhood caries. *J Oral Microbiol* 7:25951
 17. Chaparro A, Blanlot C, Ramírez V, Sanz A, Quintero A, Inostroza C, Bittner M, Navarro M, Illanes SE (2013) *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola* and toll-like receptor 2 are associated with hypertensive disorders in placental tissue: a case-control study. *J Periodontal Res* 48(6):802-809
 18. Chen J, Douglass J, Prasath V, Neace M, Atrchian S, Manjili MH, Shokouhi S, Habibi M (2019) The microbiome and breast cancer: a review. *Breast Cancer Res Treat* 178(3):493-496
 19. Chen W, Zhang N, Wie J, Yen H, Li Y (2020) Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact, *Build Environ* 176:106850.
 20. Chong KKL, Tay WH, Janela B, Yong AMH, Liew TH, Madden L, Keogh D, Barkham TMS, Ginhoux F, Becker DL, Kline KA (2017) *Enterococcus faecalis* Modulates Immune Activation and Slows Healing During Wound Infection. *J Infect Dis* 216(12):1644-1654
 21. Christensen GJ, Brüggemann H (2014) Bacterial skin commensals and their role as host guardians. *Benef Microbes* 5(2):201-215
 22. Crisafulli E, Bernardinello N, Alfieri V, Pellegrino F, Lazzari C, Gnetti L, Chetta A (2019) A pulmonary infection by *Actinomyces odontolyticus* and *Veillonella atypica* in an immunocompetent patient with dental caries. *Respirol Case Rep* 7(9):e00493
 23. Desarda H, Gurav A, Dharmadhikari C, Shete A, Gaikwad S (2014) Efficacy of High-volume Evacuator in Aerosol Reduction: Truth or Myth? A Clinical and Microbiological Study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 8(3):176-179

24. Deutscher Arbeitskreis für Hygiene in der Zahnmedizin (DAHZ) (2018) Hygieneleitfaden. Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH), Bundeszahnärztekammer (BZAEK)
<https://www.bzaek.de/fileadmin/PDFs/za/hygieneplan/hygieneleitfaden.pdf>
25. Dewhirst FE, Chen T, Izard J, Paster BJ, Tanner AC, Yu WH, Lakshmanan A, Wade WG (2010) The human oral microbiome. *J Bacteriol* 192(19):5002-5017
26. Dioguardi M, Di Gioia G, Illuzzi G, Arena C, Caponio VCA, Caloro GA, Zhurakivska K, Adipietro I, Troiano G, Lo Muzio L (2019) Inspection of the Microbiota in Endodontic Lesions. *Dent J (Basel)* 7(2):47
27. Dréno B, Araviiskaia E, Berardesca E, Gontijo G, Sanchez Viera M, Xiang LF, Martin R, Bieber T (2016) Microbiome in healthy skin, update for dermatologists. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 30(12):2038-2047
28. Dülgergil CT, Colak H (2012) Do the more caries in early primary dentition indicate the more caries in permanent dentition? Results of a 5-years follow-up study in rural district. *J Int Soc Prev Community Dent* 2(2):48-52
29. Fazili T, Riddell S, Kiska D, Endy T, Giurgea L, Sharngoe C, Javaid W (2017) Streptococcus anginosus Group Bacterial Infections. *Am J Med Sci* 354(3):257-261
30. Feder HM, Garibaldi RA (1984) The significance of nongonococcal, nonmeningococcal Neisseria isolates from blood cultures. *Rev Infect Dis* 6(2):181-188
31. Fekete S, Szabó D, Tamás L, Polony G (2019) The role of the microbiome in otorhinolaryngology. *Orv Hetil* 160(39):1533-1541
32. Gastmaier P, Brunkhorst F, Schrappe M, Kern W, Geffers C (2010) Wie viele nosokomiale Infektionen sind vermeidbar? Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart- New York: Deutsche med. Wochenschau 2010 2135 (2010),91- 93

33. Geffers C, Gastmeier P, Rüden H (2002) Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 8- Nosokomiale Infektionen:5–7
34. Gen R, Horasan E, Çinkir Ü, Sezer K, Akbay E (2017) Assessment of Nasal Carriage of Staphylococcus Aureus and Axillar Flora in Patients With Acromegaly. *J Craniofac Surg* 28(3):616-619
35. Gheorghita D, Eördegh G, Nagy F, Antal M (2019) Periodontal disease, a risk factor for atherosclerotic cardiovascular disease. *Orv Hetil* 160(11):419-425
36. Hadler SC, Sorley DL, Acree KH, Webster HM, Schable CA, Francis DP, Maynard JE (1981) An outbreak of hepatitis B in a dental practice. *Ann Intern Med* 95(2):133-138
37. Hamada S, Slade HD (1980) Biology, immunology, and cariogenicity of *Streptococcus mutans*. *Microbiol Rev* 44(2):331-384
38. Hannig C, Hannig M, Attin T (2005) Enzymes in the acquired enamel pellicle. *Eur J Oral Sci* 113(1):2-13
39. Hannig M, Hannig C (2014) The pellicle and erosion. *Monogr Oral Sci* 25:206-214
40. Hartnett E, Haber J, Krainovich-Miller B, Bella A, Vasilyeva A, Lange Kessler J (2016) Oral Health in Pregnancy. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* 45(4):565-573
41. Hashimoto K, Sato T, Shimauchi H, Takahashi N (2011) Profiling of dental plaque microflora on root caries lesions and the protein-denaturing activity of these bacteria. *Am J Dent* 24(5):295-299
42. Holmstrup P, Plemons J, Meyle J (2018) Non-plaque-induced gingival diseases. *J Clin Periodontol* 45 Suppl 20:28-43
43. Hübner NO, Schwebke I, Kramer A (2016) Wirkstoffe der alkoholischen

- Händedesinfektionsmittel – ein Beitrag zum Internationalen Tag der Händehygiene. Epidemiologisches Bulletin:143-144
44. Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene des Universitätsklinikums des Saarlandes (UKS), Arbeitsanweisung-04-Krankenhausthygienelabor:3-4
45. Inquimbert C, Bourgeois D, Giraudeau N, Tramini P, Viennot S, Dussart C, Carrouel F (2019) Microbiota of interdental space of adolescents according to Risk of Caries: A cross-sectional study protocol. Contemp Clin Trials Commun 16:100444
46. Jo JH, Kennedy EA, Kong HH (2017) Topographical and physiological differences of the skin mycobiome in health and disease. Virulence 8(3):324-333
47. Kateete DP, Nakanjako R, Okee M, Joloba ML, Najjuka CF (2017) Genotypic diversity among multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter* species at Mulago Hospital in Kampala, Uganda. BMC Res Notes 10(1):284
48. Kianoush N, Adler CJ, Nguyen KA, Browne GV, Simonian M, Hunter N (2014) Bacterial profile of dentine caries and the impact of pH on bacterial population diversity. PLoS One 9(3):e92940
49. Kim SH (2017) Survey of *Staphylococcus epidermidis* Contamination on the Hands of Dental Hygienists and Equipment Surface of Dental Clinics. J Dent Hyg Sci 17(6):472-480
50. Kimmerle H, Wiedmann-Al-Ahmad M, Pelz K, Wittmer A, Hellwig E, Al-Ahmad A (2012) Airborne microbes in different dental environments in comparison to a public area. Arch Oral Biol 57(6):689-696
51. Kleinschmidt S, Huygens F, Faoagali J, Rathnayake IU, Hafner LM (2015) *Staphylococcus epidermidis* as a cause of bacteremia. Future Microbiol 10(11):1859-1879
52. Kobza J, Pastuszka JS, Bragoszewska E (2018) Do exposures to aerosols pose a risk to dental professionals? Occup Med (Lond) 68(7):454-458

53. Koletsi D, Belibasakis GN, Eliades T (2020) Interventions to Reduce Aerosolized Microbes in Dental Practice: A Systematic Review with Network Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Dent Res* 99(11):1228-1238
54. Kressirer CA, Chen T, Lake Harriman K, Frias-Lopez J, Dewhirst FE, Tavares MA, Tanner AC (2018) Functional profiles of coronal and dentin caries in children. *J Oral Microbiol* 10(1):1495976
55. Krzyściak W, Jurczak A, Kościelniak D, Bystrowska B, Skalniak A (2014) The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilms. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 33(4):499-515
56. Kumbargere Nagraj S, Eachempati P, Paisi M, Nasser M, Sivaramakrishnan G, Verbeek JH (2020) Interventions to reduce contaminated aerosols produced during dental procedures for preventing infectious diseases. *Cochrane Database Syst Rev* 10:CD013686
57. Kwiecien K, Zegar A, Jung J, Brzoza P, Kwitniewski M, Godlewska U, Grygier B, Kwiecinska P, Morytko A, Cichy J (2019) Architecture of antimicrobial skin defense. *Cytokine Growth Factor Rev* 49:70-84
58. Könönen E, Wade WG (2015) Actinomyces and related organisms in human infections. *Clin Microbiol Rev* 28(2):419-442
59. Lefevre M, Racedo SM, Denayrolles M, Ripert G, Desfougères T, Lobach AR, Simon R, Pélerin F, Jüsten P, Urdaci MC (2017) Safety assessment of *Bacillus subtilis* CU1 for use as a probiotic in humans. *Regul Toxicol Pharmacol* 83:54-65
60. Lister JL, Horswill AR (2014) *Staphylococcus aureus* biofilms: recent developments in biofilm dispersal. *Front Cell Infect Microbiol* 4:178
61. Llandro H, Allison JR, Currie CC, Edwards DC, Bowes C, Durham J, Jakubovics N,

- Rostami N, Holliday R (2021) Evaluating splatter and settled aerosol during orthodontic debonding: implications for the COVID-19 pandemic. *Br Dent J* 8;1-7
62. Loveday HP, Lynam S, Singleton J, Wilson J (2014) Clinical glove use: healthcare workers' actions and perceptions. *J Hosp Infect* 86(2):110-116
63. Luksamijarulkul P, Aiempradit N, Vatanasomboon P (2014) Microbial Contamination on Used Surgical Masks among Hospital Personnel and Microbial Air Quality in their Working Wards: A Hospital in Bangkok. *Oman Med J* 29(5):346-350
64. Machado H, Wenig LL, Dillon N, Seif Y, Holland M, Pekar JE, Monk JM, Nizet V, Palsson BO, Feist AM (2019) Strain-Specific Metabolic Requirements Revealed by a Defined Minimal Medium for Systems Analyses of *Staphylococcus aureus*. *Appl Environ Microbiol* 85(21):e01773-19
65. Malek R, Gharibi A, Khilil N, Kissa J (2017) Necrotizing Ulcerative Gingivitis. *Contemp Clin Dent* 8(3):496-500
66. Miao J, Chen L, Wang J, Wang W, Chen D, Li L, Li B, Deng Y, Xu Z (2017) Current methodologies on genotyping for nosocomial pathogen methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Microb Pathog* 107:17-28
67. Miller RL, Micik RE, Abel C, Ryge G (1971) Studies on dental aerobiology. II. Microbial splatter discharged from the oral cavity of dental patients. *J Dent Res* 50(3):621-625
68. Mohanty R, Asopa SJ, Joseph MD, Singh B, Rajguru JP, Saidath K, Sharma U (2019) Red complex: Polymicrobial conglomerate in oral flora: A review. *J Family Med Prim Care* 8(11):3480-3486
69. Munson MA, Banerjee A, Watson TF, Wade WG (2004) Molecular analysis of the microflora associated with dental caries. *J Clin Microbiol* 42(7):3023-3029
70. Mutters NT, Hägele U, Hagenfeld D, Hellwig E, Frank U (2014) Compliance with

- infection control practices in an university hospital dental clinic. *GMS Hyg Infect Control* 9(3)
71. Naeem A, Saluja SA, Krishna D, Shitanshu M, Arun S, Taseer B (2015) Contamination of Dentist's Hands with and without Finger Rings. *J Int Oral Health* 7(8):114-117
72. National Academies of Science, Engineering and Medicine (2020) Airborne Transmission of SARS-CoV-2: Proceedings of a Workshop - in Brief. Washington, DC, The National Academies Press:9
73. Nejatidanesh F, Khosravi Z, Goroohi H, Badrian H, Savabi O (2013) Risk of Contamination of Different Areas of Dentist's Face During Dental Practices. *Int J Prev Med* 4(5):611-615
74. Nußbaum B, Jurreit A, Bauer S, Birk-Hansen A, Bitterwolf K, Bobrich I, Dogru-Wiegand S, Eckardt M, Gerber H, Greef E, Häupler U, Jonas D, La Rocha V, Knoche J, Kühner-Feldes F, Poldrack R, Schaff T, Schmidt R, Steuer W (2016) Kleidung und Schutzausrüstung für Pflegeberufe aus hygienischer Sicht. Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V.
https://www.krankenhaushygiene.de/pdfdata/2016_09_Kleidung%20und%20Schutzausruestung_DGKH.pdf
75. Nußbaum B, Jurreit A, Thieves M, Loczenski B, Bauer S, Bitterwolf K, Birk-Hansen A, Bobrich I, Bock-Hensley O, Dogru-Wiegand S, Gerber H, Greef E, Häupler U, Jonas D, Knoche J, Kühner-Feldes F, Poldrack R, La Rocca V, Schmidt R, Steuer W, Wilhelm U, Vogel S (2015) Schutzkittel bei medizinischen und pflegerischen Tätigkeiten sowie bei Barrieremaßnahmen und Isolierungen. Sektion "Hygiene in der ambulanten und stationären Kranken- und Altenpflege/ Rehabilitation". Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene e.V.:59-60
https://www.krankenhaushygiene.de/pdfdata/hm/2015_HM_01-2_schutzkittel.pdf
76. Oliveira WF, Silva PMS, Silva RCS, Silva GMM, Machado G, Coelho LCBB, Correia MTS (2018) Staphylococcus aureus and Staphylococcus epidermidis infections on implants. *J Hosp Infect* 98(2):111-117

77. Opacic J, Maldonado A, Ramseier CA, Laugisch O (2019) Influence of periodontitis on pregnancy and childbirth. *Swiss Dent J* 129(7-8):581–589
78. Otto M (2009) *Staphylococcus epidermidis* – the 'accidental' pathogen. *Nat Rev Microbiol* 7(8):555-567
79. Patel K, Memon Z, Prince A, Park C, Sajan A, Ilyas N (2019) *Streptococcus Oralis* meningitis from right sphenoid Meningoencephalocele and cerebrospinal fluid leak. *BMC Infect Dis* 19(1):960
80. Phichaphop C, Apiwattanakul N, Wanitkun S, Boonsathorn S (2020) Bacterial Endocarditis Caused by *Actinomyces oris*: First Reported Case and Literature Review. *J Investig Med High Impact Case Rep*. 2324709620910645
81. Picheansanthian W, Chotibang J (2015) Glove utilization in the prevention of cross transmission: a systematic review. *JBI Database System Rev Implement Rep* 13(4):188-230
82. Piontek M, Łuszczynska K, Lechów H (2016) Occurrence of the Toxin-Producing *Aspergillus versicolor* Tiraboschi in Residential Buildings. *Int J Environ Res Public Health* 13(9):862
83. Popp W, Zastrow KD (2011), Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH), Hygiene-Tipp: Mund-Nasen-Schutz. *Passion Chirurgie*. 1(9): Artikel 03_04
84. Porter S, Scully C, Samaranayake L (1994) Viral hepatitis. Current concepts for dental practice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 78(6):682-695
85. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A (2019) Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 24(3):364-372
86. Reichardt E, Geraci J, Sachse S, Rödel J, Pfister W, Löffler B, Wagner Y, Eigenthaler M, Wolf M (2019) Qualitative and quantitative changes in the oral bacterial flora occur

- shortly after implementation of fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 156(6):735-744
87. Robert Koch-Institut (RKI) (2007) Epidemiologisches Bulletin Nr.1. Zur Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention: Anforderungen an die Krankenhaus- hygiene und des Arbeitsschutzes an die Hygienekleidung und persönliche Schutzaus- rüstung
[https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Downloads/ Arbeitsschutz_pdf.pdf;jsessionid=C60128B940EB07D4AE39AC8C873C141E.interne t082?__blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Downloads/Arbeitsschutz_pdf.pdf;jsessionid=C60128B940EB07D4AE39AC8C873C141E.interne t082?__blob=publicationFile)
88. Robert Koch-Institut (RKI) (2017) Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 11. Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren, Springer-Verlag GmbH Deutschland:1274,1279, 1280
https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Down loads/BGBI_60_2017_Desinfektionsmittelliste.pdf?__blob=publicationFile
89. Robert Koch-Institut (RKI) (2020) Mögliche Maßnahmen zum Ressourcen-schonenden Einsatz von Mund-Nasen-Schutz (MNS) und FFP-Masken in Einrichtungen des Gesundheitswesens bei Lieferengpässen im Zusammenhang mit der neuartigen Coronavirus-Erkrankung COVID-19
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Ressourcen_schone n_Masken.pdf?__blob=publicationFile
90. Robert Koch-Institut (RKI) (2020) Hinweise zum beispielhaften An- und Ablegen von PSA für Fachpersonal
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/PSA_Fachpersonal/ Dokumente_Tab.html
91. Rôças IN, Siqueira JF (2012) Characterization of microbiota of root canal-treated teeth with posttreatment disease. *J Clin Microbiol* 50(5):1721-1724

92. Rovai EDS, Matos FS, Kerbauy WD, Cardoso FGDR, Martinho FC, Oliveira LD, Valera MC, Carvalho CAT (2019) Microbial Profile and Endotoxin Levels in Primary Periodontal Lesions with Secondary Endodontic Involvement. *Braz Dent J* 30(4):356-362
93. Rupf S, Hannig M (2020) Changes of the patient management in dentistry during the pandemic caused by the SARS-Coronavirus 2-initial perspectives of a clinic of operative dentistry in Europe. *Clin Oral Investig* 24(7):2537-2539
94. Ruscher C, Mielke M (2015) Infektionsprävention im Rahmen der Pflege und Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten. Empfehlung der KRINKO vom Oktober 2015 Eine Musterpräsentation des Robert Koch-Institutes https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Downloads/Infektionspraev_Pflege_Diagnostik_Therapie.pdf?__blob=publicationFile
95. Sachdev R, Garg K, Singh G, Mehrotra V (2020) Is safeguard compromised? Surgical mouth mask harboring hazardous microorganisms in dental practice. *J Family Med Prim Care* 9(2):759-763
96. Saeed W, Adam M, Abdallah TA, Omrani AS (2020) Percutaneous coronary intervention-associated Actinomyces oris. *IDCases*. 8;22:e00929.
97. Samaranayake L, Matsubara VH (2017) Normal Oral Flora and the Oral Ecosystem. *Dent Clin North Am* 61(2): 199-215
98. Sawhney A, Venugopal S, Babu GR, Garg A, Mathew M, Yadav M, Gupta B, Tripathi S (2015) Aerosols how dangerous they are in clinical practice. *J Clin Diagn Res* 9(4):52-57
99. Seymour GJ, Ford PJ, Cullinan MP, Leishman S, Yamazaki K (2007) Relationship between periodontal infections and systemic disease. *Clin Microbiol Infect* 13 Suppl 4:3-10
100. Sgolastra F, Petrucci A, Severino M, Gatto R, Monaco A (2013) Relationship between

- periodontitis and pre-eclampsia: a meta-analysis. *PLoS One* 8(8):e71387
101. Shaw FE, Barrett CL, Hamm R, Peare RB, Coleman PJ, Hadler SC, Fields HA, Maynard JE (1986) Lethal outbreak of hepatitis B in a dental practice. *JAMA* 255(23):3260-3264
 102. Singh A, Shiva Manjunath RG, Singla D, Bhattacharya HS, Sarkar A, Chandra N (2016) Aerosol, a health hazard during ultrasonic scaling: A clinico-microbiological study. *Indian J Dent Res* 27(2):160-162
 103. Siqueira JF (2001) Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J* 34(1):1-10
 104. Tabassum S, Khan FR (2016) Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent* 10(1):144-147
 105. Takahashi N, Nyvad B (2016) Ecological Hypothesis of Dentin and Root Caries. *Caries Res* 50(4):422-431
 106. Tsuzukibashi O, Uchibori S, Kobayashi T, Umezawa K, Mashimo C, Nambu T, Saito M, Hashizume-Takizawa T, Ochiai T (2017) Isolation and identification methods of *Rothia* species in oral cavities. *J Microbiol Methods* 134:21-26
 107. Vecten M, Martel H, Casalta JP, Hubert S, Lepidi H, Habib G, Raoult D, Gouriet F (2017) Fatal *Neisseria macacae* infective endocarditis: first report. *Infection* 45(3):369-371
 108. Veena HR, Mahantesha S, Joseph PA, Patil SR, Patil SH (2015) Dissemination of aerosol and splatter during ultrasonic scaling: a pilot study. *J Infect Public Health* 8(3):260-265
 109. Volgenant CMC, de Soet JJ (2018) Cross-transmission in the Dental Office: Does This Make You Ill? *Curr Oral Health Rep* 5(4):221-228
 110. Volgenant CMC, Persoon IF, de Ruijter RAG, de Soet JJH (2020) Infection control in

- dental health care during and after the SARS-CoV-2 outbreak. *Oral Dis Suppl* 27;3:674-683
111. von Eiff C, Kuhn N, Herrmann M, Weber S, Peters G (1996) *Micrococcus luteus* as a cause of recurrent bacteremia. *Pediatr Infect Dis J* 15(8):711-713
112. Yoo YJ, Perinpanayagam H, Oh S, Kim AR, Han SH, Kum KY (2019) Endodontic biofilms: contemporary and future treatment options. *Restor Dent Endod* 44(1):e7
113. Zeeuwen PL, Kleerebezem M, Timmerman HM, Schalkwijk J (2013) Microbiome and skin diseases. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 13(5):514-520
114. Zemouri C, de Soet H, Crielaard W, Laheij A (2017) A scoping review on bio-aerosols in healthcare and the dental environment. *PLoS One* 12(5):e0178007
115. Zemouri C, Jakobovics NS, Crielaard W, Zaura E, Dodds M, Schelkle B, Loos BG (2019) Resistance and resilience to experimental gingivitis: a systematic scoping review. *BMC Oral Health* 19(1):212
116. Zemouri C, Volgenant CMC, Buijs MJ, Crielaard W, Rosema NAM, Brandt BW, Laheij AMGA, De Soet JJ (2020) Dental aerosols: microbial composition and spatial distribution. *J Oral Microbiol* 12(1):1762040
117. Zhiqing L, Yongyun C, Wenxiang C, Mengning Y, Yuanqing M, Zhenan Z, Haishan W, Jie Z, Kerong D, Huiwu L, Fengxiang L, Zanjing Z (2018) Surgical masks as source of bacterial contamination during operative procedures. *J Orthop Translat* 14:57-62
118. Zhu B, Macleod LC, Kitten T, Xu P (2018) *Streptococcus sanguinis* biofilm formation & interaction with oral pathogens. *Future Microbiol* 13:915-932

7 Publikationen/Danksagung

7.1 Publikationen

Prof. Dr. Stefan Rupf, Pilotstudie zum mikrobiellen Kontaminationspotenzial von Mund-Nasen-Schutzmasken bei zahnmedizinischer Behandlung, Deutscher Zahnärztetag 2017 am 10. & 11. November 2017

„Mund-Nasen-Schutzmasken sind häufig kontaminiert“ auf [zm-online.de](https://www.zm-online.de) am 23. November 2017, <https://www.zm-online.de/news/zahnmedizin/mund-nasen-schutzmasken-sind-haeufig-kontaminiert/>

Zum Kontaminationspotenzial persönlicher Schutzausrüstung bei konservierend-parodontologischer Behandlung, S. Rupf, M. Gund, J. Isack, S. Thieme-Ruffing, B. Gärtner, M. Hannig, https://www.dgz-online.de/sites/default/files/seite/dateien/abstract_04_2018_final_online_0.pdf, Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung 2018

„Erregerübertragung durch Mund-Nasen-Schutz in der Zahnmedizin“ auf dem 14. Kongress für Krankenhaushygiene Berlin 2018, S. Thieme-Ruffing, Institut f. Med. Mikrobiologie und Hygiene, Homburg/Saar

Gund M, Isack J, Hannig M, Thieme-Ruffing S, Gärtner B, Boros G, Rupf S. Contamination of surgical mask during aerosol-producing dental treatments. *Clin Oral Investig*; 2020:Oct 27:1–8. doi: 10.1007/s00784-020-03645-2.

7.2 Danksagung

Meinen Dank möchte ich zunächst Herrn Professor Rupf für die Vergabe des Themas an mich und die Unterstützung aussprechen. Ich danke ihm für die gute Betreuung und seinen Rat, die im Ergebnis diese Arbeit möglich machten.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Doktor Gund bedanken, die mich während dieser Zeit als

Ansprechpartnerin begleitete. Ich möchte ihr danken, dass sie zu jeder Zeit für Fragen mit Rat zur Seite stand.

Einen besonderen Dank möchte ich auch Frau Sigrid Thieme-Ruffing und dem Team des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene für die Hilfe bei der Durchführung und Auswertung der Probennahmen aussprechen. Danke für Ihren Rat und Ihre tatkräftige Unterstützung.

Weiterhin bedanke ich mich bei Frau Professor Gärtner, die mir bei meinen Fragen zu Keimen weiterhalf.

Ich danke auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und präventive Zahnheilkunde unter der Leitung von Herrn Professor Hannig und dem Studentenkurs der Zahnerhaltung für Ihre Mitarbeit.

Außerdem danke ich meinen Eltern, Anna Kölsch und meinen Freunden für ihre Unterstützung. Weiterhin danke ich Fabian Eller für seine Hilfe im Umgang mit Word und Endnote.

8 Lebenslauf

9 Anhang

Material	Hersteller
Mund-Nasen-Schutzmaske	BARRIER Medical face mask, Mölnlycke Health Care GmbH, Düsseldorf, Deutschland
Sterile Handschuhe	GAMMEX Latex formerly Gammex PF, Ansell, Yarra City, Australien
Händedesinfektionsmittel	Desderman pure, Schülke, Norderstedt, Deutschland
TSA-Agarplatten	Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Deutschland
Protein Calibration Standard I	Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland

Geräte und Programme	Hersteller
MALDI-TOF Microflex LT/HT	Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland
MALDI Biotyper Compass Software	Bruker Daltonik, Bremen, Deutschland
Brutschrank	
Microsoft Office	Microsoft Corporation, Redmont, Washington, USA
Endnote	Clarivate Analytics