

Lebensraum Maske - Wie unterschiedliche Trageweisen die Verkeimung von MNBs beeinflussen

Teilnehmer: Margarita Sivakov (16)
Lena Hünefeld (17)
Elissa Bahichaoui (17)

Schule: Ernst-Abbe-Gymnasium

Projektbetreuung: Dr. Christina Walther
Matthias Ring

Thema des Projekts: Verkeimung von Masken

Fachbereich: Biologie

Wettbewerbssparte: Jugend forscht

Bundesland: Thüringen

Wettbewerbsjahr: 2023



SCHÜLER
FORSCHUNGS
ZENTRUM
JENA

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Kurzfassung	3
2 Einleitung	4
3 Empfohlener Maskengebrauch	5
4 Experimenteller Teil.....	5
4.1 Mikrobiologisches Experiment.....	5
4.1.1 Angaben zu verwendeten OP- und FFP2-Masken in den Versuchen.....	5
4.1.2 Aufbau und Durchführung der Versuche	5
4.1.3 Kultivierung der Bakterien auf Columbia Blutagar	6
4.1.4 Identifikation der Bakterien mit dem MALDI-TOF Biotyper	7
4.2 Aufbau der Umfrage zum Maskentragverhalten.....	8
5 Ergebnisse und Auswertung	9
5.1 Umfrageergebnisse zum Maskentragverhalten.....	9
5.2 Ergebnisse zur Verkeimung von OP-Masken	12
5.3 Ergebnisse zur Verkeimung von FFP2-Masken.....	14
6 Diskussion der Ergebnisse	16
7 Fazit	18
8 Quellen- und Literaturverzeichnis	19
9 Danksagung	20

1 Kurzfassung

In der Arbeit wurde die bakterielle Verkeimung von FFP2- und OP-Masken untersucht. Dabei wurde geprüft, wie stark diese bei „empfohlenen“ und „alltäglichen“ Gebrauch verkeimen. Der „empfohlene Gebrauch“ wurde durch Literaturrecherche herausgefunden, wohingegen der „alltägliche Gebrauch“ durch eine Umfrage in Jena festgestellt wurde. Des Weiteren wurde ermittelt, inwieweit die Verkeimung von einzelnen Faktoren wie der Tragedauer, Händedesinfektion, Berührung oder dem Aufbewahrungsort abhängt.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Maske deutlich weniger verkeimt, wenn sie entsprechend des „empfohlenen Gebrauchs“ getragen wird. Hingegen ist die Verkeimung stärker beim „alltäglichen Gebrauch“ ausgeprägt. Ebenfalls wurde durch die Umfrage festgestellt, dass der „alltägliche Gebrauch“ der Maske eindeutig vom „empfohlenen Gebrauch“ abweicht.

Von den vier untersuchten Faktoren hatte die Berührung der Maske den größten Einfluss auf die Verkeimung.

Es konnte ebenfalls festgestellt werden, dass die FFP2-Maske im Allgemeinen nicht stärker verkeimt als die OP-Maske.

2 Einleitung

Seit dem 29. April 2020 sind medizinische Masken unser alltäglicher Begleiter – ganz gleich, ob im Bus, im Supermarkt oder auf der Arbeit - denn an diesem Tag beschlossen die ehemalige Bundeskanzlerin Angela Merkel und die 16 Ministerpräsidenten zusammen mit dem Robert Koch-Institut (RKI) und dem Bundesgesundheitsministerium die allgemeine Maskenpflicht für Deutschland als eine zentrale Maßnahme in der Pandemiekontrolle (vgl. Block & Bolmer, 2020). Das Tragen einer Maske ermöglicht sowohl Selbst- als auch Fremdschutz vor dem Corona-Virus (vgl. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, Hinweise, o. J.). Allerdings stellt sich die Frage, wie hygienisch das Tragen der Atemschutzmaske für den Verbraucher selbst ist und welchen Einfluss die von staatlichen Institutionen (Sozialministerium und RKI) empfohlenen Anwendungsmaßnahmen auf die Verkeimung der Maske haben. Deshalb ist das Ziel dieser Arbeit, die bakterielle Verkeimung der zwei meistbenutzten Maskentypen in Deutschland in Selbstexperimenten zu untersuchen. Bei den zu vergleichenden Modellen handelt es sich um die OP-Maske (Operations-Maske) und FFP2-Maske („Filtering face piece“-Maske). Die Ergebnisse sollen somit Aufschluss darüber geben, wie hygienisch verschiedene Nutzungsvarianten der Masken für Privatpersonen sind und wie man deren Verkeimungsgrad möglichst geringhalten kann. Dabei werden sowohl der „empfohlene“ als auch der „alltägliche“ Gebrauch beider Maskentypen im Hinblick auf ihre bakterielle Verkeimung untersucht und innerhalb des jeweiligen Maskentyps verglichen. Als „empfohlener Gebrauch“ wird in dieser Arbeit der Gebrauch bezeichnet, wie er vom Sozialministerium und RKI für das Tragen einer Maske empfohlen wird. Dieser wurde durch Literaturrecherche bestimmt. Wesentlich dabei sind die korrekte Größe und Passform der Maske und folglich die richtige Trageweise durch den Träger (vgl. Wenchel, 2022). Neben dem „empfohlene“ und „alltäglichen Gebrauch“ werden auch einzelne, häufig inkorrekt angewandte Faktoren des „empfohlene Gebrauch“ untersucht. Bei den Faktoren handelt es sich um die Händedesinfektion, den Lagerungsort, die Tragedauer und die Berührung der Maske. Zu diesem Zweck wurde zunächst eine Umfrage in Jena und Umgebung durchgeführt, welche die Gebrauchsmaßnahmen eines typischen Verbrauchers eruieren und somit den „alltäglichen Gebrauch“ rekonstruieren sollte. Zudem wurden durch die Umfrage die genauen Untersuchungswerte für die Faktoren „Weglassen der Händedesinfektion“, „veränderter Lagerungsort“, „verlängerte Tragedauer“ und „Berührung“ ermittelt.

Im Anschluss daran wurden beide Gebrauchsvarianten und alle Faktoren für beide Maskentypen in Selbstexperimenten untersucht. Dazu wurden die Masken entsprechend eines Gebrauchstyps bzw. Faktors getragen und anschließend Bakterienabstriche angefertigt. Die Abstriche wurden auf Blutagarplatten übertragen und kultiviert, um die koloniebildenden Einheiten (KBE) zu vermehren und sichtbar zu machen. Abschließend wurden die Ergebnisse vergleichend analysiert, um zu ermitteln, welcher Gebrauch und welche Faktoren bei der Verkeimung die geringste bzw. größte Rolle spielen. Drei Hypothesen sollen mithilfe der Experimente und deren Analyseergebnissen überprüft werden:

1. Je nach Anwendung gibt es deutliche Unterschiede in der Ausprägung der Verkeimung.
2. Die Tragedauer stellt den ausschlaggebendsten Faktor der Verkeimung dar.
3. Die Verkeimung der FFP2-Maske ist stärker, als die der OP-Maske.

3 Empfohlener Maskengebrauch

Die empfohlenen Maßnahmen zur Handhabung der OP- und FFP2-Maske werden von den staatlichen Institutionen, wie dem Sozialministerium und RKI vorgeschlagen und sind bei beiden Maskentypen nahezu identisch. Zusammengefasst werden sie in dieser Arbeit als „empfohlener Gebrauch“ bezeichnet und in einem Versuch der Experimente untersucht.

Die Maske sollte dicht am Gesicht ansitzen, damit weder Tröpfchen noch Aerosole vom Träger aufgenommen oder abgegeben werden können. Dafür ist es wichtig, den Nasenbügel an die Nasenform anzupassen. Außerdem sollten Mund, Nase und Kinn vollständig von der Maske bedeckt werden. Daher muss auch darauf geachtet werden, dass keine Luft über die Ränder der Maske an die Umgebung abgegeben wird (vgl. Sozialministerium, 2022). Vor und nach dem Tragen wird empfohlen, sich die Hände 20-30 Sekunden mit Seife zu waschen oder zu desinfizieren (vgl. ebd.). Des Weiteren sollte es vermieden werden, die Maske während des Tragens zu berühren und auch beim Auf- und Absetzen möglichst nur den Nasenbügel und die elastischen Ohrschlaufen anzufassen (vgl. ebd.). Für die Aufbewahrung vor bzw. nach dem Tragen wird empfohlen, die Maske in einer separaten, verschließbaren Tüte zu lagern (vgl. ebd.). Zur Tragedauer gibt es keine Angaben, da die Prüfnorm der Masken keine exakten Werte zur Tragedauer festlegen (vgl. Fachhochschule Münster, 2021). Jedoch wird von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) für die FFP2-Maske im Rahmen des Arbeitsschutzes eine Tragedauer von 75 Minuten empfohlen, welche in den Experimenten ebenfalls für die OP-Maske angenommen wurde. Ebenfalls empfiehlt die DGUV eine 30-minütige Erholungsdauer der Maske nach dem Tragen, weshalb diese in den Versuchen des „alltäglichen“ und „empfohlenen Gebrauchs“ sowie für den veränderten Lagerungsort angenommen wurde (vgl. DGUV, 2021, S.72).

4 Experimenteller Teil

4.1 Mikrobiologisches Experiment

4.1.1 Angaben zu verwendeten OP- und FFP2-Masken in den Versuchen

Bei den Versuchen wurde darauf geachtet, in beiden Experimentreihen OP- und FFP2-Masken desselben Herstellers zu benutzen, damit die Versuchsreihen untereinander vergleichbar bleiben und es keine Abweichungen aufgrund unterschiedlich verwendeter Masken gibt.

Für die Experimente wurden handelsübliche OP-Masken aus dem Drogeriemarkt verwendet. Bei dieser handelt es sich gemäß Verpackung um einen 3-lagigen Mundschutz des Typ II mit Ohrschlaufen. Die Maske wurde gemäß der europäisch geltenden Norm zertifiziert und in Deutschland von „KL medical GmbH“ produziert sowie von der Firma „medika GmbH“ vertrieben. Das Außen- und Innenmaterial der OP-Masken ist Vliesstoff aus Polypropylen (PP). Das Filtermedium ist das Meltblown-Vlies.

Es wurden ebenfalls handelsübliche FFP2-Masken aus dem Drogeriemarkt verwendet. In der Verpackung der Maske befindet sich ein Qualitätszertifikat, aus dem die folgenden Informationen entnommen werden können. Die Maske wurde von dem chinesischen Hersteller „Guangdong Kingfa Sci. & Tech. Co., LTD.“ hergestellt und durch die Firma „Promotion Pets GmbH“ nach Deutschland importiert und vertrieben. Die Maske entspricht den europäischen Vorschriften zur Zertifizierung. Die Außen- und Innenschicht, sowie die Filterschichten bestehen aus dem Meltblown-Vlies aus PP.

4.1.2 Aufbau und Durchführung der Versuche

Zunächst wurden die Kontrollen und die Sterilkontrolle der jeweiligen Versuchsreihe durchgeführt. Bei der Kontrolle wurden jeweils eine unbenutzte OP-Maske und eine unbenutzte FFP2-Maske aus einer zuvor nicht geöffneten Verpackung entnommen und daraufhin in die Blutagarplatten der Firma Becton Dickinson (BD) gedrückt. Dies geschah mittels Abklatschmethodik, indem die Innenseite der unbenutzten Masken vorsichtig in jeweils eine Platte gedrückt wurde (Abbildung 1). Hierbei wurde darauf geachtet, die gesamte Fläche der Platte einmal mit der Innenseite der Maske zu berühren.

Danach wurden die Proben in das Labor der Firma Bioscientia geschickt und dort bei 37°C für 12 bis 24 Stunden in einem Brutschrank bebrütet. In diesem betrug der CO₂-Gehalt 5% und die Luftfeuchtigkeit zwischen 80 und 90%. Somit waren alle Werte an das Optimum der Bakterien angepasst.

Für die Sterilkontrolle wurde eine unbenutzte Blutagarplatte in das Labor geschickt und dort bebrütet, um sicherzustellen, dass die unbenutzten Platten nicht bereits verkeimt waren.



Abbildung 1: Anfertigung der Abstriche per Abklatschmethodik

Bei dem Versuch des „empfohlenen Gebrauchs“ wurden die Masken so verwendet, wie die staatlichen Institutionen es empfehlen. Vor dem Aufsetzen und nach dem Absetzen der Maske wurden die Hände desinfiziert. Während des 75-minütigen Tragens durfte die Maske nicht berührt werden. Nach dem Tragen der Maske, wurde sie in einem separaten Beutel gelagert und in diesem transportiert.

Der in der Umfrage ermittelte „alltägliche Gebrauch“ wurde mithilfe des gleichnamigen Versuchs rekonstruiert. Die Maske wurde hier eine Woche lang für vier Stunden pro Tag getragen. Dazu wurde auf das Händedesinfizieren verzichtet und die Maske wurde an allen Seiten, vor allem an der Außenseite, berührt. Der Lagerungsort der Maske stellte die Jackentasche dar. Dieses Experiment ist somit eine Kombination aus allen Faktoren, die in der Umfrage ermittelt wurden.

Bei den folgenden Versuchen wurde jeweils ein Faktor des „empfohlenen Gebrauchs“ gemäß den Antworten der Umfrage verändert. Die restlichen Faktoren wurden nicht geändert und wie empfohlen angewandt. Sobald die Masken entsprechend der Faktoren in den jeweiligen Versuchen getragen wurden, wurden von diesen Abklatschproben genommen, wie für die Sterilkontrolle und Maskenkontrollen beschrieben, und anschließend im Labor auf dieselbe Weise bebrütet.

Zur Absicherung der Ergebnisse der ersten Versuchsreihe (V1) wurden alle Versuche wiederholt, woraus sich die zweite Versuchsreihe (V2) ergab.

Im Gegensatz zur ersten Versuchsreihe wurden die Abklatschproben der Masken im Wiederholversuch mithilfe eines runden Gegenstandes, welcher exakt in die Blutagarplatte passte, angefertigt. Dies diente einer einheitlicheren Probenahme. Die Proben wurden in derselben Weise bebrütet wie in der ersten Versuchsreihe.

In der zweiten Versuchsreihe wurden zudem Protokolle zu den Tätigkeiten der einzelnen Testpersonen während der Versuche gefertigt, um die einzelnen Ergebnisse und mögliche Abweichungen nachvollziehbar zu machen. Abschließend wurden die KBE auf den fertig bebrüteten Platten ausgezählt, um die Verkeimung bestimmen zu können.

4.1.3 Kultivierung der Bakterien auf Columbia Blutagar

Das Nährmedium der Versuche dieser Arbeit war das „BD-Columbia Agar mit 5% Schafsblut“ (Becton Dickinson, 2013), welches auf Empfehlung der Firma Bioscientia gewählt wurde (Abbildung 2). Dieses Nährmedium ist für die Kultivierung von Mikroorganismen, wie Bakterien, vorgesehen, da das Wachstum dieser auf dem Columbia Agar besonders stark ausgeprägt ist. Das Nährmedium der Firma BD ist ein Universalmedium. Das bedeutet, dass alle Bakterien auf diesem wachsen können, wodurch alle drei Hämolyse-Arten, die α - β - und γ -Hämolyse auftreten können (vgl. Becton Dickinson, 2013). Aus diesem Grund eignete es sich optimal als Nährboden für die Versuche dieser Arbeit.

Das Columbia Agar setzt sich aus insgesamt acht Bestandteilen zusammen. 12,0 g/L des pankreatisch abgebauten Proteins Casein, 5,0 g/L der Aminosäuren aus dem peptisch abgebauten Tiergewebe und 3,0 g/L Hefeextrakt als Vitamin B Quelle, sind gemeinsam essenziell für das Wachstum der Bakterien auf der Platte. Zusätzlich fördern 5,0 g/L Natriumchlorid die Entwicklung einiger Bakterienarten. Für die Kultivierung der Bakterien sorgen 3,0 g/L Rindfleischextrakt. Damit die Blutagarplatten ihre charakteristisch feste bis gelartige Konsistenz erlangen, werden 13,5 g/L des organischen Bindemittels Agar, welches aus Algen gewonnen wird, hinzugegeben. 5% enthaltenes Schafsblut werden zur Hämolyse benötigt. Da während der Hämolyse giftige, im Stoffwechsel der Bakterien abgebaute, Nebenprodukte entstehen, befinden sich zusätzlich 1,0 g/L Maisstärke in den Platten, welche diese absorbieren und somit entgiften (vgl. Becton Dickinson, 2013).

Damit die Platten nicht verderben, werden sie bei 2-8 °C in einem Kühlschrank gelagert. Nachdem sie aus diesem entnommen wurden, können sie sofort beprobt werden.



Abbildung 2: Blutagarplatte der Firma BD

4.1.4 Identifikation der Bakterien mit dem MALDI-TOF Biotyper

Um die genaue Art der einzelnen Bakterien auf den Platten zu bestimmen, wurden einzelne KBE mit dem MALDI-TOF Biotyper durch Bioscientia massenspektrometrisch analysiert.

Zur Vorbereitung der Proben wurde vom Personal der Firma Bioscientia mit je einem Zahnstocher in eine KBE gestochen. Daraufhin wurde mit diesem auf einen Spot eines Stahltargets, welches insgesamt 96 Spots besitzt, gestrichen. Abhängig davon, wie viele unterschiedliche KBE sich gebildet hatten, wurde eine bestimmte Anzahl von Spots besetzt. Auf einen Spot kam der Abstrich einer KBE auf der Platte. Anschließend wurde 1 µl organische Matrix über die einzelnen Spots geschichtet. Die Matrix bestand aus Wasser, Acetonitril, Trifluoressigsäure, Ameisensäure, Schwefel und weiteren chemischen Substanzen, welche aufgrund von Betriebsgeheimnissen seitens des Herstellers der Matrix nicht weiter genannt wurden.

Nachdem das Stahltarget fertiggestellt wurde, kam es in den MALDI-TOF Biotyper, welcher ein Massenspektrometer ist. Dieser besteht aus einer Messeinheit und einem Rechner zur Auswertung. Die Messeinheit setzt sich aus einem Vakuumrohr, einem Laser und einem Detektor zusammen. Im Inneren des Massenspektrometers wurde der Laser aufgespalten und strahlte dann auf einen Spot. Dadurch schmolz die Matrix, welche den Strahl abdämpfte und das Bakterium vor dem Verbrennen schützte. Aufgrund des Schmelzens durch den Laserstrahl wurde die Hülle des Bakteriums in die einzelnen Bestandteile zersetzt. Diese flogen durch ein aufgebautes Vakuum in der Vakuumröhre nach oben zum Detektor. Da die Bestandteile unterschiedlich groß waren, trafen sie zeitversetzt auf den Detektor, da kleinere Teile aufgrund ihrer geringeren Masse leichter und somit schneller sind als große. Der Detektor maß die Aufschläge pro Zeiteinheit und erstellte ein Diagramm, welches er mit gespeicherten Diagrammen aus der Datenbank verglich. Sobald eins dieser gespeicherten Diagramme mit dem erstellten der Probe übereinstimmte, war die Art des Bakteriums bestimmt.

Das reine Messverfahren zur Bestimmung der Bakterienarten dauerte im Schnitt 30 Sekunden bis drei Minuten pro Spot. Abschließend wurden Tabellen erstellt, welche die bestimmten Bakterienarten anzeigen.

4.2 Aufbau der Umfrage zum Maskentragverhalten

Zweck der Umfrage war es, die allgemeinen Maskentraggewohnheiten zu ermitteln. Dabei lag der Fokus darauf, den „alltäglichen Gebrauch“ für die OP- und FFP2-Maske zu eruieren sowie die vier Faktoren, aus denen sich dieser zusammensetzt. Somit stellten die Antworten eine Grundlage dar, auf der die Experimente zur Verkeimung der Masken bei verschiedenen Anwendungen aufgebaut wurden.

Um dieses Ziel zu erreichen, bezogen sich die Fragen auf verschiedene, von staatlichen Institutionen empfohlene Gebrauchshinweise zur Handhabung einer Maske, die im Vorfeld durch Literaturrecherche zu OP- und FFP2-Maske ermittelt wurden.

Im Laufe dieser Arbeit wurden zwei Arten von Fragebögen entwickelt: ein digitaler und ein analoger Fragebogen.

Beide Umfragen waren anonym und richteten sich an alle Altersgruppen. Der digitale Fragebogen wurde mit der Seite „Google Formulare“ erstellt, welche für das Anfertigen von Umfragen und Formularen im Internet frei zugänglich ist. Diese digitale Version wurde an verschiedene Personen aus dem Bekanntenkreis der Testpersonen gesendet, die sie wiederum an deren Bekanntenkreis weitergeleitet haben. Des Weiteren wurde die digitale Umfrage im Netzwerk des Schülerforschungszentrums Jena geteilt.

Die analoge Umfrage wurde in verschiedenen Einrichtungen in der Region verteilt: in der Carl Zeiss Meditec AG in Jena, am Leibniz-Institut für Photonische Technologien (IPHT) in Jena, im Ernst-Abbe-Gymnasium Jena an eine 5. Klasse und die Lehrerschaft, an der Waldorfschule in Gera in einer 10., 11. und 12. Klasse, dem „Golds Gym“ Jena, einzelnen Privatpersonen aus Jena und Leipzig, sowie im DRK-Corona-Testzentrum in der Goethe-Galerie in Jena.

5 Ergebnisse und Auswertung

5.1 Umfrageergebnisse zum Maskentragverhalten

An der analogen Umfrage nahmen 157 Personen teil und an der digitalen Version 246, wodurch es insgesamt 403 Teilnehmer aus verschiedenen Altersgruppen gab. Davon waren 375 Antworten gültig. Alle folgenden Werte sind gerundet.

Etwas mehr als 50% der Teilnehmer tragen eine OP-Maske. 40% verwenden eine FFP2-Maske. Die restlichen rund 10% nutzen entweder beide Masken oder einen ganz anderen Maskentyp, wie zb. eine Stoffmaske.

Nachfolgend sollen nur die Fragen betrachtet werden, die ausschlaggebend für die Experimente waren. Dabei wurden nur die Antworten der Personen weiterverwendet, die konkret OP- oder FFP2-Maske angegeben haben. Das heißt die rund 10% entfallen in den folgenden Diagrammen. Deshalb reduziert sich die Anzahl der gültigen Antworten auf 339.

Zu 11% wird die OP-Maske für durchschnittlich vier Stunden täglich von den Teilnehmern getragen. Die FFP2-Maske wird zu 10% für ebenfalls vier Stunden pro Tag getragen (Abbildung 3). Dieser Wert wurde von den Teilnehmern am häufigsten angegeben, weshalb für die Experimente vier Stunden als Angabe für die verlängerte Tragedauer pro Tag angenommen wurde.

Aus Frage 5 geht hervor, dass 34% der Teilnehmer, die eine OP-Maske benutzen, diese für eine Woche tragen, bevor sie eine neue Maske verwenden. 30% der OP-Maskenträger wechseln ihre Maske täglich. Bei der FFP2-Maske ist ein ähnliches Verhältnis der Fall (Abbildung 4).

Daher wurde die eine Woche für die Versuche des „alltäglichen Gebrauchs“ und der längeren Tragedauer als Gesamttragedauer angenommen, da sie den höchsten Wert darstellt.

Gemäß den gewonnenen Ergebnissen aus Frage 4 und 5 ergab sich für diese Versuche, dass die Masken für eine Woche jeweils vier Stunden pro Tag getragen werden.

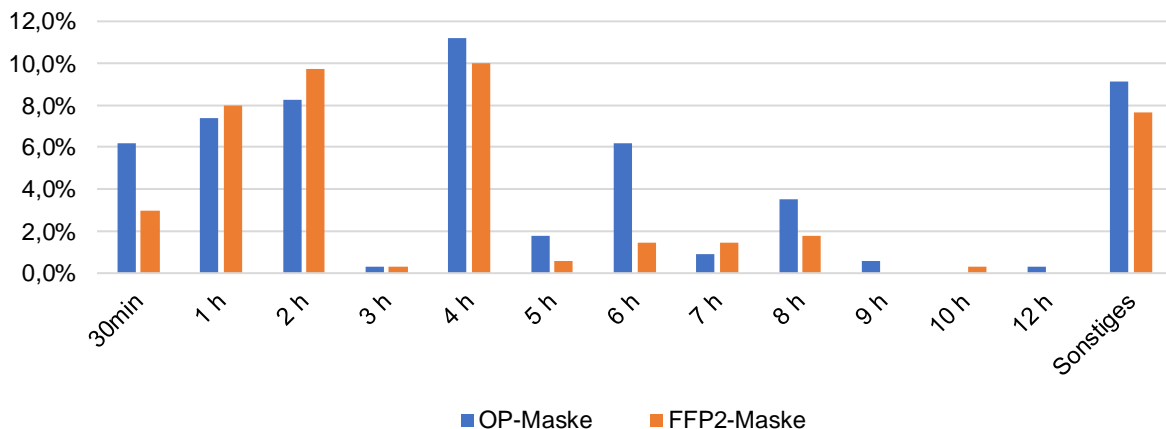


Abbildung 3: Maskentragedauer pro Tag

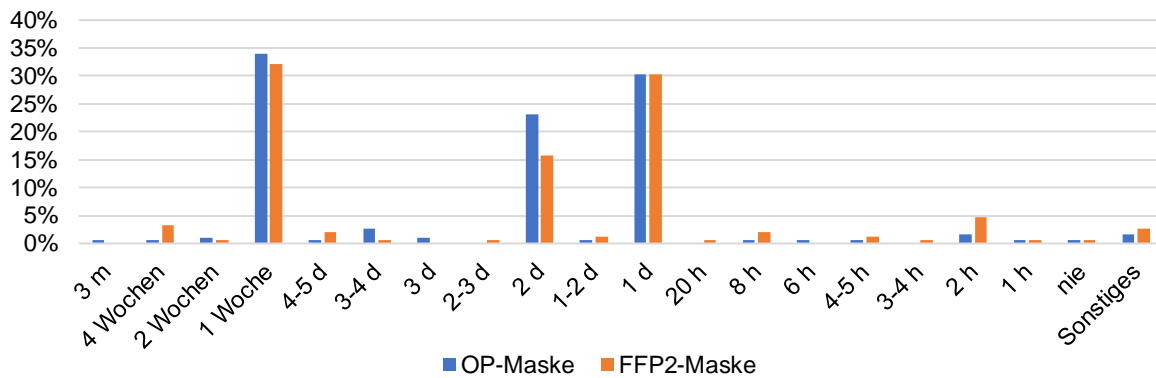


Abbildung 4: durchschnittliche Zeit, nach welcher die Maske gewechselt wird

Bevor die Teilnehmer ihre Maske auf- oder absetzen, ergreifen 83% der OP-Maskenträger und 68% der FFP2-Maskenträger keine Maßnahmen in Form der Händedesinfektion oder des Hände Waschens (Abbildung 5). Deshalb wurden für den Versuch des „alltäglichen Gebrauchs“ keine Maßnahmen vor dem Auf- bzw. Absetzen der Maske getroffen. In einem einzelnen Versuch wurde ebenfalls untersucht, wie stark sich das Weglassen der Händedesinfektion auf die Verkeimung der Maske auswirkt.

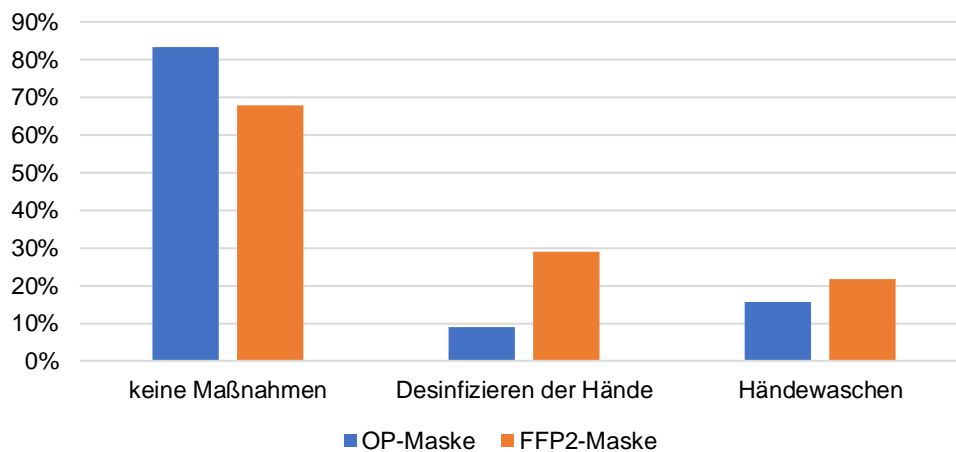


Abbildung 5: ergriffene Maßnahmen vor dem Aufsetzen/Absetzen der Maske

Des Weiteren geben 58% der Teilnehmer, die eine OP-Maske tragen, nicht darauf Acht, das Berühren der Maske beim Tragen zu unterlassen. Hingegen sind das bei den FFP2-Maskenträgern nur 37% (Abbildung 6). Vom Sozialministerium wird empfohlen, die Maske während des Tragens nicht zu berühren mit Ausnahme des Nasenbügels. Für die Experimente des „alltäglichen Gebrauchs“ wurde diese Empfehlung für beide Maskentypen umgekehrt und die Maske während des experimentellen Tragens berührt, wie es auch 58% der OP-Maskenträger handhaben. Dadurch ergab sich ein neuer Versuch bei dem nur ermittelt wurde, welche Auswirkung die Berührung auf die Verkeimung der Maske hat.

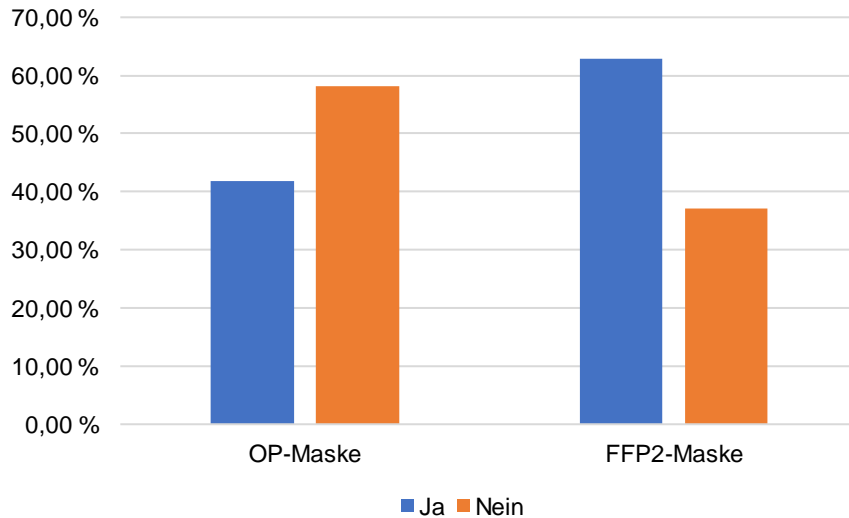


Abbildung 6: Anteil der Teilnehmer, die während des Tragens der Maske darauf achten diese nicht zu berühren

Nach dem Absetzen der Maske gaben 32% der Teilnehmer bei beiden Maskentypen an, die Maske in der Jackentasche zu verstauen. Im Vergleich dazu gaben nur 1% der Teilnehmer (OP-Maske) und 8% der Teilnehmer (FFP2-Maske) an, die Maske in einer gesonderten Verpackung zu lagern, wie es auch vom Sozialministerium empfohlen wird. Aufgrund dessen wurde die Maske für den Versuch des „alltäglichen Gebrauchs“ und dem veränderten Lagerungsort in der Jackentasche aufbewahrt (Abbildung 7).

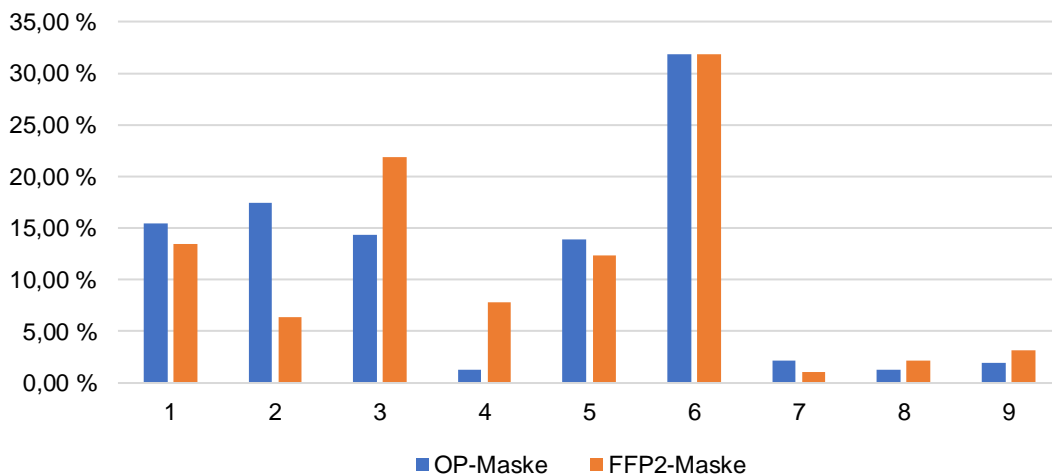


Abbildung 7: Verstaungsort der Maske

1. frei im Rucksack/in der Tasche
2. am Kinn
3. am Handgelenk/Ellenbogen/Arm
4. in einer gesonderten Verpackung
5. in der Hosentasche
6. in der Jackentasche
7. im Auto
8. (Schreib-)Tisch/Arbeitsplatz
9. Sonstiges

5.2 Ergebnisse zur Verkeimung von OP-Masken

In den Experimenten wurde untersucht, wie stark die OP- und FFP2-Masken bei „empfohlenem“ und „alltäglichem Gebrauch“ verkeimen. Einzelne, inkorrekt angewandte Faktoren des „empfohlenen Gebrauchs“ wurden mithilfe der Umfrage ermittelt und auf ihren Einfluss auf die Verkeimung untersucht.

Zunächst wurde die Sterilkontrolle angefertigt, bei welcher eine unbenutzte Blutagarplatte im Labor bebrütet wurde. Hierbei haben sich keine KBE gebildet. Die Platte war somit steril und die Voraussetzung für alle weiteren Experimente war gegeben.

Auch bei der Kontrolle der OP-Masken, bei welcher eine Probe einer unbenutzten OP-Maske genommen wurde, haben sich keine KBE gebildet. Dies bedeutet, dass diese unbenutzte OP-Maske steril war.

Bei allen restlichen Versuchen der OP-Maske wurden ausschließlich apathogene Rachen- bzw. Hautkeime gefunden. Das bedeutet, von der Keimflora der Testpersonen ging kein gesundheitliches Risiko aus, weshalb auch die Trageweise der Maske unbedenklich war.

Bei dem Versuch „empfohlener Gebrauch“ (Abbildung 8) wurde die Maske entsprechend der Empfehlungen des Sozialministeriums und RKI getragen. Die Anzahl der KBE der Masken lag zwischen 32 und 143, was vergleichsweise geringer war als bei den Versuchen des „alltäglichen Gebrauchs“, der verlängerten Tragedauer, dem Berühren der Maske und dem Weglassen der Händedesinfektion. Dieses Ergebnis kann damit zusammenhängen, dass alle empfohlenen Hygienemaßnahmen angewandt wurden. Es wurden das *Staphylococcus (S.) aureus*, *S. epidermidis*, *S. capitis*, *Haemophilus sputorum* und *Lactobacillus paracasei* gefunden.

Hier wick ein Wert der ersten Versuchsreihe mit 281 KBE ab, weshalb dieser nicht in der Spanne beinhaltet ist. Diese Abweichung könnte durch Niesen in die Maske entstanden sein.

Eine deutlich höhere Zahl an KBE war bei dem „alltäglichen Gebrauch“ (Abbildung 9) festzustellen. Hier wurden die Versuchsbedingungen den Ergebnissen der Umfrage angepasst. Es befanden sich zwischen 220 und 278 KBE auf der Agarplatte.

Dieser Wert betrug mehr als das Dreifache vom „empfohlenen Gebrauch“, wodurch ersichtlich wurde, dass der „alltägliche Gebrauch“ bei der OP-Maske deutlich unhygienischer ist. Grund für die erhöhte Zahl an KBE könnte sein, dass die Hygienemaßnahmen nicht angewandt wurden. In diesem Versuch wurde vor allem das *S. epidermidis*, *S. warneri* und *S. aureus* festgestellt. Infolge von laborinternen Umständen fehlten die Agarplatten aus der zweiten Versuchsreihe.



Abbildung 8: empfohlener Gebrauch, 32 KBE
(V1)



Abbildung 9: alltäglicher Gebrauch, 220 KBE
(V1)

Bei den restlichen Versuchen wurde jeweils ein empfohlener Faktor durch die ermittelte „alltägliche Anwendung“ des entsprechenden Faktors ersetzt, um zu untersuchen, welcher bei der OP-Maske die größte Auswirkung auf die Verkeimung hat.

Zuerst wurde der Lagerungsort verändert. Die Maske wurde nun nach dem Tragen für 30 Minuten in der Jackentasche gelagert. Entgegen den Erwartungen hatte sich hier die Anzahl der KBE im Vergleich zum „empfohlenen Gebrauch“ auf 23 bis 50 KBE verringert. Dieses Ergebnis ist fraglich, da bei dem „empfohlenen Gebrauch“ alle Faktoren, einschließlich der Lagerung, korrekt angewandt wurden. Aufgrund laborinterner Umstände fehlten hierbei aus der zweiten Versuchsreihe sowohl die Agarplatten als auch die vom MALDI-TOF bestimmten Bakterienarten. Ungeachtet dessen, war die Tendenz zu erkennen, dass der Lagerungsort einen geringeren Einfluss auf die Verkeimung der OP-Masken zu haben scheint. Dennoch ist es sinnvoll die Maske in einer separaten Tüte zu lagern, da die Verkeimung in der Jackentasche abhängig von der Keimlast der Jackentasche selbst ist, vor allem, wenn die Maske dort für längere Zeit aufbewahrt wird. Außerdem fasst ein Mensch häufig in die Jackentasche und würde somit zur Verkeimung beitragen. Eine separate Umverpackung ist eine Barriere gegen unbeabsichtigte Berührungen und verhindert dadurch eine zusätzliche Keimbelastung.

Die größte Verkeimung der OP-Maske war beim Unterlassen der Berührung mit 124 bis 402 KBE festzustellen. Hier wurde die Maske während des Tragens, sowie beim Auf- und Absetzen berührt. Dabei kam die Innenseite der Maske durch das Berühren verstärkt mit der Haut in Kontakt, wodurch Hautbakterien auf die Maske gerieten. Auch verkeimten die verwendeten Masken in diesem Versuch stärker als bei dem „alltäglichen Gebrauch“, was auffällig war, da die Maske bei dem „alltäglichen Gebrauch“ ebenfalls berührt wurde. Es handelt sich um eine Abweichung von 14 KBE, jedoch kamen beim „alltäglichen Gebrauch“ auch alle anderen falsch angewandten Faktoren zusammen. Durch den begrenzten Umfang der Experimente konnten wir jedoch keine allgemeingültige Erklärung für dieses Ergebnis herleiten. Einschränkend fehlten bei beiden Versuchen die Agarplatten aus der zweiten Versuchsreihe, sowie die Tabellen zu den Bakterienarten dieses Versuches.

Beim Weglassen der Händedesinfektion haben sich 56 bis 302 KBE gebildet. Die KBE-Anzahl hat sich hier im Vergleich zum „empfohlenen Gebrauch“ erhöht. Das könnte daran liegen, dass die Maske an Stellen wie dem Nasenbügel berührt wurde und dort Bakterien von den Händen auf die Maske übertragen wurden, welche sich vermutlich weiter auf der Maske verbreiteten. In diesem Experiment wurden die separaten Aufbewahrungstüten ebenfalls ohne desinfizierte Hände geöffnet, wodurch zusätzlich Bakterien von den Händen in die Tüte gelangten. Diese Bakterien konnten unter Umständen zur Maskenverkeimung beitragen. Es wurden das *Bacillus circulans*, *S. epidermidis* und *S. infantis* gefunden.

Die zu lange Tragedauer von einer Woche führte zu 32 bis 190 KBE. Bei diesem Versuch wurden die Bakterienarten *S. aureus*, *S. hominis* und *S. epidermidis* gefunden. Die Verkeimung war höher als bei dem „empfohlenen Gebrauch“, da über einen längeren Zeitraum in die Maske geatmet wurde und somit verstärkt Aerosole und Tröpfchen aus Nase und Mundraum in diese gelangten. Entgegen den Erwartungen wies dieser Versuch im Vergleich zu dem Faktor des Berührens der Maske „nur“ 32 bis 190 KBE auf. Das bedeutet, es ist hygienischer seine OP-Maske eine Woche lang vier Stunden pro Tag nach „empfohlenem Gebrauch“ zu tragen, als sie nur 75 Minuten mit wiederholter Berührung zu verwenden. Dieses Ergebnis konnte durch den Umfang der Experimente nicht abschließend erklärt werden.

Zusammenfassend wurde bei der OP-Maske deutlich, dass der „empfohlene Gebrauch“ zu einer geringeren Verkeimung führte als der „alltägliche Gebrauch“.

Den größten Einfluss auf die Verkeimung der OP-Maske hatte das Berühren der Maske. Die unsachgemäße Lagerung hingegen schien weniger Einfluss auf die Verkeimung zu nehmen, als erwartet.

5.3 Ergebnisse zur Verkeimung von FFP2-Masken

Da die Sterilkontrolle keine KBE aufwies, verkeimten die verwendeten FFP2-Masken durch die Agarplatte nicht zusätzlich. Die Kontrolle der FFP2-Masken hingegen war verkeimt. Sowohl bei der ersten, als auch bei der zweiten Versuchsreihe wurden je fünf KBE des *S. epidermidis* auf den unbenutzten Masken festgestellt. Dies bedeutet, dass die unbenutzten Masken nicht steril waren, auch wenn es sich um eine geringe KBE-Anzahl handelte. Es ist davon auszugehen, dass wenige KBE auf den Platten in den Versuchen von den unbenutzten Masken selbst kamen.

Auch in den Experimenten mit der FFP2-Maske wurden nur apathogene Rachen- oder Hautkeime gefunden, von denen kein gesundheitliches Risiko ausgeht.

Im ersten Versuch (Abbildung 10), bei welchem der „empfohlene Gebrauch“ untersucht wurde, bildeten sich 2 bis 18 KBE. Es wurden das *S. hominis*, *S. epidermidis* und das *Micrococcus (M.) luteus* gefunden. Die geringe Zahl der KBE ist damit zu erklären, dass die Maske gemäß der Hygienemaßnahmen getragen wurde. Eine Ausnahme mit 1057 KBE stellt eine der beiden FFP2-Masken der zweiten Versuchsreihe dar. Diese massive Abweichung entstand dadurch, dass die Testperson in die Maske geniest hat, was den Protokollen der zweiten Versuchsreihe entnommen werden konnte. Daher ist dieser Wert nicht mit in die Auswertung eingeflossen.

Die höchste Verkeimung war mit 388 KBE beim „alltäglichen Gebrauch“ (Abbildung 11) zu erkennen. Es wurden die Bakterienarten *S. epidermidis*, *S. capitis*, *S. hominis*, *S. warneri* und *M. luteus* festgestellt. Die hohe Verkeimung kann durch die nicht angewandten Hygienemaßnahmen begründet werden. Hier wurde der Wert einer FFP2-Maske der ersten Versuchsreihe mit 30 KBE jedoch nicht einberechnet, da er aufgrund einer hohen Abweichung gegenüber den anderen Werten herausstach. Auch lagen aufgrund laborinterner Umstände keine Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe dieses Versuches vor. Dadurch stellten die 388 KBE aus der ersten Versuchsreihe den einzig vorhandenen Wert dar. Trotzdem hatte sich die Anzahl der KBE im Vergleich zum „empfohlenen Gebrauch“ deutlich erhöht. Dies zeigt die Tendenz, dass der „alltägliche Gebrauch“ unhygienischer ist als der „empfohlene Gebrauch“.

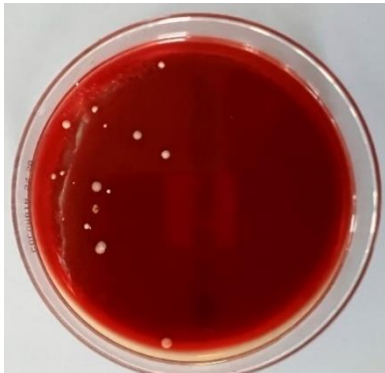


Abbildung 10: empfohlener Gebrauch, 18 KBE (V1)

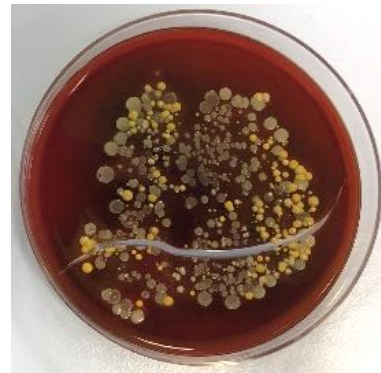


Abbildung 11: alltäglicher Gebrauch, 388 KBE (V1)

Bei den restlichen Versuchen wurde, wie bei der OP-Maske, jeweils ein „empfohlener“ Faktor durch die „alltägliche“ Anwendung dieses Faktors ersetzt. So sollte ermittelt werden, welcher Faktor bei der FFP2-Maske die größte Auswirkung auf die Verkeimung hat.

Bei einer Veränderung des Lagerungsortes der Maske war mit 60 bis 120 KBE eine zunehmende Verkeimung zum „empfohlenen Gebrauch“ zu beobachten. Da die Jackentasche nicht steril war, konnte die Maske in den 30 Minuten weiter verkeimen. Dieses Ergebnis hatten wir auch bei der OP-Maske erwartet. Zu diesem Versuch lag ebenfalls keine Auswertung der Bakterienarten vor.

Von allen untersuchten Faktoren erzeugte, wie bei der OP-Maske, das Berühren der Maske mit 223 bis 238 KBE die höchste Verkeimung. Diese könnte zustande gekommen sein, weil die Maske durch die Berührung an die Haut gedrückt wurde, wodurch besonders Hautbakterien, wie *S. epidermidis* oder *S. capitis* übertragen wurden.

Das Weglassen der Händedesinfektion bei der FFP2-Maske führte, im Vergleich zum „empfohlenem Gebrauch“ mit 44 bis 122 KBE zu einer erhöhten Verkeimung. Hierbei wurden *S. capitis*, *S. epidermidis* und *M. luteus* gefunden. Wie bei der OP-Maske könnten Bakterien von den Händen übertragen worden sein, da die Maske am Nasenbügel berührt wurde. Diese verbreiteten sich vermutlich weiter auf der Maske. Die separaten Aufbewahrungstüten wurden auch hier ohne desinfizierte Hände geöffnet, wodurch zusätzlich Bakterien von den Händen in die Tüte gelangen konnten. Diese Bakterien könnten

dadurch zur Maskenverkeimung beigetragen haben. Bei diesem Versuch stach der Messwert einer FFP2-Maske der zweiten Versuchsreihe mit 782 KBE heraus, da die Maske unmittelbar nach einer Erkrankung getragen wurde. Deshalb floss dieser Wert nicht mit in die Auswertung ein.

Bei zu langer Tragedauer befanden sich zwischen 30 und 224 KBE auf der Platte. Im Vergleich zum „empfohlenem Gebrauch“, hatte sich die KBE-Anzahl erhöht. Dieses Ergebnis kann grundlegend damit erklärt werden, dass für einen längeren Zeitraum Aerosole und Tröpfchen aus Nase und Mundraum durch Atmen und Sprechen in die Maske gelangen konnten. Entgegen der Erwartung verkeimte die FFP2-Maske, wie auch die OP-Maske, bei diesem Versuch geringer als beim Faktor „Berühren der Maske“. Dieses Ergebnis konnte durch den Umfang der Experimente nicht abschließend erklärt werden.

Zusammenfassend wurde bei der FFP2-Maske deutlich, dass sie bei „empfohlenem Gebrauch“ mit Abstand am wenigsten verkeimte und diese Anwendung somit aus hygienischer Sicht sinnvoll ist. Auch war zu erkennen, dass die Maske beim „alltäglichen Gebrauch“ am stärksten verkeimte.

Den größten Einfluss auf die Verkeimung der FFP2-Maske und der OP-Maske hatte das Berühren.

6 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der Arbeit ist vieles gut gelaufen, jedoch sind auch einige Fehler aufgetreten. Insgesamt sind wir mit unserer Arbeit und unseren Ergebnissen sehr zufrieden. Dabei sollte zuerst einmal der Rahmen unserer Ausarbeitung betont werden, denn diese setzt sich aus zwei Eigenanteilen zusammen: einem Datenerhebungsbogen, um das Maskentragverhalten der Befragten und somit den „alltäglichen Gebrauch“ zu ermitteln und Experimenten, welche auf diesem beruhen. Die Experimente umfassten zudem zwei Durchführungen, um die Aussagekraft und Verlässlichkeit der ersten Versuchsreihe durch eine zweite zu stützen und zu steigern.

So gelang es uns wichtige Ergebnisse zu erzielen. Zum einem zur bakteriellen Verkeimung der Mund-Nasen-Bedeckungen bei unterschiedlichen Anwendungstypen als zentraler Punkt der Arbeit, zum anderen aber auch zu den Maskentraggewohnheiten im Alltag. Dazu gehört der Unterschied der Ausübung des „alltäglichen Gebrauchs“ zum „empfohlenen Gebrauch“, die stärkere Verkeimung beim „alltäglichen Gebrauch“ im Vergleich zum „empfohlenen“ sowie der höchste Verkeimungsgrad durch den Faktor des Berührens. Außerdem sind die Differenzen bei der Verkeimung zwischen den OP- und den FFP2-Masken ein wichtiges Ergebnis und ebenso die Tatsache, dass es sich bei den Bakterien ausschließlich um apathogene Haut- und Rachenbakterien handelte. Dadurch ergab sich, dass die Tragweise aus bakterieller Sicht keine Auswirkung auf die Gesundheit hat.

Trotz sorgfältiger Vorbereitung, Planung und Durchführung, gab es im Rahmen unserer Arbeit Einflussfaktoren, welche möglicherweise Auswirkungen auf einige Ergebnisse gehabt haben könnten. Die meisten dieser Fehler lagen jedoch außerhalb unseres Einflussbereiches und waren deshalb unvermeidbar.

Die Fehlerquellen der Experimente lagen zum Großteil in dem Aufbau der Versuche. Diese ließen sich jedoch überwiegend nicht umgehen, da sie bspw. durch äußere, zeitliche oder finanzielle Umstände bedingt waren.

So war z.B. das Ausüben unterschiedlicher Aktivitäten der einzelnen Testpersonen während des Tragens der Maske aufgrund unterschiedlicher Tagesabläufe und Lebensumstände unumgebar. Die ungleiche Belastung konnte eine Variation der Atemfrequenz zur Folge haben. Zudem herrschten in den unterschiedlichen Umgebungen, in welchen sich die Gruppenmitglieder aufhielten, unterschiedliche Keimlasten. Diese Aspekte könnten sich auf die Verkeimung der Masken ausgewirkt haben. Um valide und reliable Ergebnisse zu erhalten, hätten alle vier Testpersonen exakt gleiche Aktivitäten zum selben Zeitpunkt in vergleichbaren Umgebungsbedingungen ausüben müssen. Damit Ergebnisabweichungen dennoch besser nachvollzogen und erklärt werden konnten, wurden in der zweiten Versuchsreihe Protokolle mit den Tätigkeiten der Testpersonen während der Tragzeit angelegt.

Beim Eindrücken der Masken in die Agarplatten sind ebenfalls Abweichungen entstanden. Insbesondere zwischen OP- und FFP2-Masken traten Unterschiede beim Eindrücken auf. Da die FFP2-Masken mittig gefaltet und formbeständiger waren, ließen sie sich schwerer und nur seitlich der Falte eindrücken. Die OP-Masken hingegen konnten mittig und leichter in die Agarplatten gedrückt werden. In der ersten Versuchsreihe wurden die Masken außerdem mit den Händen in die Agarplatten gedrückt, wodurch die Eindrückflächen variieren konnten. Diesen Einflussfaktor haben wir in der zweiten Versuchsreihe versucht zu minimieren, indem die Masken nicht mit den Händen, sondern mit einem einheitlichen Gegenstand eingedrückt wurden, damit die Druckflächen bei allen Versuchen gleich groß waren.

Aufgrund laborinterner Abläufe wurden die Proben, welche eigentlich 24 Stunden lang bebrütet werden sollten, zum Teil zwischen zwei und drei Tagen im Brutschrank stehen gelassen. Darauf hatten wir jedoch keinen Einfluss, da wir selbst keinen Zugang zu dem Labor hatten. Diese unterschiedliche Dauer beeinflusste die Ergebnisse in ihrer Vergleichbarkeit, denn zu lange Bebrütungszeiten hatten eine Überbrütung zur Folge. Auf den überbrüteten Platten konnten sich die Bakterien vermehren und die Hämolyse weiter ablaufen (Abbildung 12), weshalb die Anzahlen der KBE beider FFP2-Masken sowie einer OP-Maske im Versuch mit verlängerter Tragzeit der ersten Versuchsreihe nur geschätzt werden konnten.

Aufgrund äußerer Faktoren konnten wir nicht alle bebrüteten Agarplatten der zweiten Versuchsreihe, sowie einige Tabellen des MALDI-TOFs aus beiden Versuchsreihen bekommen. Bei den fehlenden Agarplatten aus der zweiten Versuchsreihe handelte es sich um die Versuche des „alltäglichen Gebrauchs“, mit verändertem Lagerungsort und mit Berührung. Aus der ersten Versuchsreihe fehlten die Tabellen zu den Versuchen mit den Faktoren des veränderten Lagerungsortes, des Berührens und der Kontrolle beider Maskentypen. Von der zweiten Versuchsreihe fehlten ebenfalls die Tabellen dieser Versuche der OP-Maske.

Neben diesen Fehlerquellen im Aufbau der Versuche wirkten sich möglicherweise systematische Einschränkungen auf unsere Messergebnisse aus, welche die Ergebnisse gleichermaßen beeinflussten

(vgl. Sachs, 1988). Jede Versuchsperson hat eine individuelle Bakterienflora. Durch die personenspezifischen Arten- und Populationsdichten der Bakterien ist anzunehmen, dass bei einigen Personen insgesamt mehr Bakterien an die Masken kamen als bei den anderen. Diese Variation an Arten und Anzahl machte es nicht möglich, die genauen KBE-Anzahlen miteinander zu vergleichen, jedoch waren gleiche, bzw. sehr ähnliche Tendenzen erkennbar. Auch die Tatsache, dass die Experimente zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt wurden, kann als systematischer Einflussfaktor angesehen werden. Insbesondere die Temperaturen zwischen Februar und Juli divergierten stark. Dabei machten die hohen Temperaturen im Sommer jegliche Aktivitäten anstrengender, was die Ursache für eine erhöhte Schweißproduktion und eine gesteigerte Atemfrequenz war. Die Ansiedlung vieler Bakterienarten konnte somit begünstigt werden, was eine erhöhte Verkeimung der Masken zur Folge gehabt haben könnte.

Zu den Fehlern im Aufbau unserer Versuche und den systematischen Fehlern, kamen auch völlig regellos auftretende Abweichungen hinzu. Sie werden als zufällige Fehler bezeichnet (vgl. Sachs, 1988). Zum einen waren die Kontrollen der FFP2-Masken nicht keimfrei, da bei der Herstellung der Masken vermutlich Bakterien in die Verpackung gelangt waren. Zum anderen kam es durch Reaktionen und Vorgänge des Körpers, wie etwa Erkrankungen oder Niesen (Abbildung 13) auf einigen Masken zu einer verstärkten Verkeimung.

Insgesamt hätte die Aussagekraft der Ergebnisse durch einen größeren Umfang der Experimente gesteigert werden können. Die Untersuchungen der Masken von vier Versuchspersonen in zwei Versuchsreihen reichen nicht aus, um eindeutige und allgemeine Schlüsse zu ziehen. Dies ist jedoch sowohl mit dem zeitlichen Rahmen, als auch mit den finanziellen Möglichkeiten zu erklären. Die Durchführung und Auswertung der beiden Versuchsreihen erstreckten sich bereits über mehrere Monate und die Finanzierung der Agarplatten sowie die Nutzung des MALDI-TOFs sind mit hohen Kosten verbunden, weshalb es nicht möglich war, zusätzliche Versuchspersonen heranzuziehen oder mehr Versuchsreihen durchzuführen. Außerdem hätten eine höhere Verlässlichkeit und gesteigerte Aussagekraft der Ergebnisse durch Nivellierung der Abweichungen herbeigerufen werden können. Dazu sollte aber ebenso betont werden, dass die meisten Fehlerquellen außerhalb unseres Einflussbereiches lagen. Uns ist es dennoch gelungen, unsere Fehler während unseres Prozesses selbst zu erkennen und wir haben versucht diese in der zweiten Versuchsreihe bestmöglich zu umgehen.

Unsere Ergebnisse können einen Ausgangspunkt für tiefgreifendere, großangelegte wissenschaftliche Untersuchungen darstellen. So könnten bspw. Die bakterielle Verkeimung der Masken weitergehend untersucht werden sowie auch die erhöhte Müllproduktion durch den „empfohlene Gebrauch“. Ebenso könnte der „alltägliche Maskengebrauch“ im Hinblick auf den Covid-19-Schutz im Mittelpunkt von Untersuchungen stehen.



*Abbildung 12: überbrütete
Agarplatte, ca. 100 KBE
(verlängerte Tragedauer, V1)*



*Abbildung 13: erhöhte KBE-Anzahl
durch Niesen, 1057 KBE
(empfohlener Gebrauch, V2)*

7 Fazit

Die Ergebnisse dieser Arbeit und die daraus entstandenen Schlussfolgerungen gelten nur für apathogene Nasen-, Mund- und Hautkeime und beziehen sich ausschließlich auf Privatpersonen, die wegen der Maskenpflicht bzw. -empfehlung eine Maske tragen. Die Ergebnisse sollen in keiner Weise die staatlichen Empfehlungen im Sinne des Pandemie- oder Arbeitsschutzes infrage stellen.

Ziel dieser Arbeit war es, die zwei am häufigsten in Deutschland verwendeten Maskentypen auf ihre bakterielle Verkeimung bei verschiedenen Gebrauchsmaßnahmen zu untersuchen. Dabei wurden einerseits der „empfohlene“ sowie der „alltägliche Gebrauch“ ermittelt, untersucht und verglichen. Andererseits wurden die ermittelten Faktoren „Händedesinfektion“, „Lagerungsort“, „Tragedauer“ und „Berühren“ darauf untersucht, wie stark diese zur Maskenverkeimung beitragen.

Zunächst konnte durch die Umfrage zur Ermittlung des Maskentrageverhaltens ermittelt werden, dass sich die Mehrheit der Teilnehmer nicht an die Empfehlungen zum Tragen einer Maske hält, wodurch der „alltägliche Gebrauch“ von OP- und FFP2-Maske definiert werden konnte.

Drei Hypothesen, die zu Beginn der Arbeit aufgestellt wurden, sollten mithilfe der Untersuchungsergebnisse verifiziert oder falsifiziert werden.

Erst einmal ist zu erkennen, dass es bei beiden Maskentypen einen eindeutigen Unterschied zwischen dem „alltäglichen“ und „empfohlenen Gebrauch“ gibt. Sowohl bei der OP- als auch bei der FFP2-Maske ist der „empfohlene Gebrauch“ deutlich weniger verkeimt, als der „alltägliche Gebrauch“ bzw. hat sich die Anzahl der KBE beim „alltäglichen Gebrauch“ gesteigert. Bezogen auf diese beiden Versuche hat sich die erste Hypothese bestätigt.

Betrachtet man nun die erste Hypothese noch differenzierter bezüglich der einzelnen Faktoren während der Anwendung, sind die Unterschiede in der Verkeimung bei der FFP2-Maske nicht sehr gravierend. Für die FFP2-Maske befindet sich die Anzahl der KBE der Versuche „Händedesinfektion“, „Lagerungsort“ und „Tragedauer“ in einem ähnlichen Bereich. Lediglich der Faktor „Berühren“ zeigt eine deutlich gesteigerte Anzahl an KBE gegenüber den anderen einzelnen Einflussfaktoren, ist aber ähnlich ausgeprägt wie der „alltägliche Gebrauch“. Deshalb trifft die erste Hypothese bei der FFP2-Maske, bezogen auf die differenzierte Betrachtung der einzelnen Faktoren, größtenteils nicht zu. Bei der OP-Maske ist die Differenz zwischen den KBE der einzelnen Faktoren größer, da es keine ähnliche Anzahl an KBE zwischen mindestens zwei Versuchen gibt. Dadurch trifft die erste Hypothese bezogen auf die einzelnen Faktoren bei der OP-Maske eher zu.

Den Versuchen ist des Weiteren zu entnehmen, dass der Faktor „Berühren“ am stärksten zur Verkeimung der Masken beiträgt. Die Zahl der KBE kommt bei der FFP2-Maske der des „alltäglichen Gebrauchs“ sehr nahe. Bei der OP-Maske übertrifft die Anzahl der KBE des Faktors „Berühren“ die des „alltäglichen Gebrauchs“. Dementsprechend bestätigt sich die zweite Hypothese nicht, da die Tragedauer nicht den ausschlaggebendsten Faktor für die Verkeimung darstellt. Unsere Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Berührung der Maske für 75 Minuten den ausschlaggebendsten Faktor der Verkeimung bildet.

Durch die Untersuchungen wird ersichtlich, dass die FFP2-Maske im Allgemeinen nicht stärker verkeimt als die OP-Maske, entgegen unserer Annahme. Ausschließlich bei den Versuchen „alltäglicher Gebrauch“ und „Lagerungsort“ ist die FFP2-Maske stärker verkeimt. Demnach wurde auch die dritte Hypothese falsifiziert.

Ebenfalls zeigen die Experimente, dass die größte Differenz zwischen den KBE bei der OP-Maske zwischen dem Berühren der Maske und der Lagerung in der Jackentasche besteht. Bei der FFP2-Maske liegt der größte Unterschied hingegen zwischen dem „empfohlenen“ und „alltäglichen Gebrauch“.

Insgesamt beurteilen wir die Maßnahmen für den „empfohlenen Gebrauch“ in Anbetracht der Ergebnisse als effektiv, da sie zu einer eindeutig geringeren Verkeimung der Masken führen und dementsprechend ein hygienischeres Tragen dieser gewährleisten. Jedoch ist die Umsetzung des „empfohlenen Gebrauchs“ unserer Erfahrung nach schwierig, da u.a. der hier festgestellte einflussreichste Faktor des Nicht-Berührens schlecht umsetzbar ist.

Ebenfalls kann der „empfohlene Gebrauch“ zum einen durch das häufige Wechseln der Maske im Falle einer Maskenpflicht oder -empfehlung auf Dauer für Privatpersonen finanziell belastend sein. Zum anderen stellen die Masken eine immense Umweltbelastung dar, da diese aus nicht biologisch-abbaubaren Materialien bestehen. Zusätzlich wird die Umwelt, sowohl durch den Verpackungsmüll, als auch durch gesonderte Plastikverpackungen der empfohlenen Lagerung belastet.

8 Quellen- und Literaturverzeichnis

- Becton Dickinson.** (2013): *BD Columbia Agar with 5% Sheep Blood*. Abgerufen am 03. März 2022 von BD: <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8609>
- Block, A. & Bolmer, V.** (2022): *Maskenpflicht in ganz Deutschland*. Abgerufen am 29. August 2022 von Die Bundesregierung: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/maskenpflicht-in-deutschland-1747318>
- Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte** (o. J.): *Hinweise des BfArM zur Verwendung von Mund-Nasen-Bedeckungen, medizinischen Gesichtsmasken sowie partikelfiltrierenden Halbmasken (FFP-Masken)*. Abgerufen am 06. Juni 2022 von Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte: <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Medizinprodukte/DE/schutzmasken.html>
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung** (2021): *Benutzung von Atemschutzgeräten*. Abgerufen am 02. Juli 2022 von Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/1011>, S. 72
- Fachhochschule Münster** (2021): *Möglichkeiten und Grenzen der eigenverantwortlichen Wiederverwendung von FFP2-Masken für den Privatgebrauch*. Abgerufen am 06. Juni 2022 von FH Münster: <https://www.fh-muenster.de/gesundheitsforschung/forschungsprojekte/moeglichkeiten-und-grenzen-der-eigenverantwortlichen-wiederverwendung-von-ffp2-masken-im-privatgebrauch/index.php>
- Sachs, L.** (1988): *Statistische Methoden*. Berlin, S. 161
- Sozialministerium** (2022): *Coronavirus: So trage und benutze ich meinen Mund-Nasen-Schutz richtig*. Abgerufen am 21. Juli 2022 von Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz: https://www.sozialministerium.at/dam/jcr:118788ad-68bb-499a-9540-ae85748a4add/201106_Coronavirus_MNS-richtig-anwenden.pdf
- Sozialministerium** (2022): *Coronavirus: So trage und verwende ich meine FFP2-Maske richtig*. Abgerufen am 06. Juni 2022 von Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz: https://www.sozialministerium.at/dam/jcr:b7cc0340-e963-433b-bed8-d9086d6a16d7/Coronavirus_FFP2-Maske.pdf
- Wenche, R.** (2022): *Antworten auf häufig gestellte Fragen zum Coronavirus SARS-CoV-2 / Krankheit COVID-19*. Abgerufen am 22. Juli 2022 von Robert Koch Institut: <https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/NCOV2019/gesamt.html>

9 Danksagung

Ein besonderer Dank geht an unsere Projektbetreuerin Frau Dr. Christina Walther, Geschäftsführerin von witelo e.V. und Projektleiterin des Schülerforschungszentrums Jena für ihre tatkräftige Unterstützung beim Finden der Forschungsfrage, beim Planen der Experimente und vermitteln an Herr Dr. Joachim Pum dem ärztlichen Leiter von Bioscientia. Wir sind auch sehr dankbar, dass wir durch Frau Dr. Christina Walther die Forscherwerkstatt des Schülerforschungszentrums Jena für die Durchführung der Experimente nutzen konnten.

Vielen Dank an Herr Dr. Joachim Pum für die Übergabe der Proben ins Labor, sowie für das Weiterleiten der bebrüteten Blutagarplatten und Tabellen. Ein besonderer Dank gilt der Mikrobiologieabteilung von Bioscientia für das Bebrüten der Agarplatten im Labor und das Auswerten dieser mit dem MALDI-TOF.

Ebenso danken wir besonders Herr Michael Rietz aus der Mikrobiologieabteilung von Bioscientia für die sehr ausführliche Hilfe bei der Auswertung der Agarplatten und für das Erklären der Bebrütung im Labor und des MALDI-TOF.

Ein weiterer Dank geht an unseren zweiten Projektbetreuer Herr Matthias Ring, Lehrer am Ernst-Abbe-Gymnasium Jena, für die Unterstützung bei der Hilfe mit dem Erstellen der Arbeit.

Ohne die finanzielle Unterstützung durch das Schülerforschungszentrum Jena, welches die Blutagarplatten für die Experimente bereitgestellt hat und Bioscientia, die unsere Platten im kostenaufwendigen MALDI-TOF-Verfahren ausgewertet haben, wäre diese Arbeit gar nicht erst möglich gewesen, weshalb wir uns dafür sehr herzlich bedanken.