

Das Smartphone als Bakterienschleuder?

Experimentelle Überprüfung des Einflusses verschiedener
Reinigungsmaßnahmen auf das quantitative Vorkommen von
Bakterien auf Handydisplays

Biologie LK, Frau Sommer

Gymnasium Petrinum

Schuljahr 2019/2020

Lina Marie Wiggers

30.03.2020

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Bakterien	4
2.1 Biologische Grundlagen	4
2.1.1 Aufbau und Eigenschaften	4
2.1.2 Populationswachstum	5
2.1.3 Biotische und abiotische Faktoren	6
2.2 Wirkung auf den Menschen	8
2.2.1 Überleben durch morphologische und physiologische Anpasstheiten	8
2.2.2 Übertragung von Krankheiten	9
3. Experiment	11
3.1 Hypothesen	11
3.2 Versuchsansatz	11
3.2.1 Wachstumsbedingungen von Bakterien.....	11
3.2.2 Reinigungsmethoden von Handydisplays.....	12
3.3 Versuchsaufbau und Durchführung.....	13
3.4 Beobachtungen	17
3.5 Auswertung	18
3.6 Fehleranalyse	21
4. Beurteilung – Ist das Smartphone eine Bakterienschleuder?	22
4.1 Auswirkungen des Bakterienvorkommens.....	22
4.2 Effektivität verschiedener Reinigungsmaßnahmen des Handydisplays.....	22
5. Ausblick	23
6. Fazit	24
7. Anhang	25
8. Literaturverzeichnis	32
9. Selbstständigkeitserklärung	34

1. Einleitung

Das Smartphone ist für den Menschen ein immer wichtigeres Gerät geworden, sodass es aus dem Alltag gar nicht mehr wegzudenken ist. Täglich nutzen wir es, z.B. um Nachrichten zu verschicken, und befinden uns dabei an den verschiedensten Orten.

Da es mithilfe eines Touchscreen-Displays bedient wird, streichen wir bei jeder Bedienung mit unseren Fingern darüber. Doch waschen wir uns davor jedes Mal die Hände? Besonders öffentliche Orte sind dafür bekannt, dass viele Bakterien übertragen werden. Somit sollte über die korrekte Reinigung des Displays nachgedacht werden. Wie oft müsste das Display gereinigt werden, damit die Säuberung effektiv und möglichst effizient ist? Welche Reinigungsmittel verwenden wir dafür und vermindern diese die Bakterienanzahl auf unseren Smartphones?

Diese Fragen bilden die Grundlage für das Experiment der Facharbeit, indem der Einfluss verschiedener Reinigungsmethoden auf das quantitative Bakterienvorkommen auf Handydisplays untersucht werden soll. Mithilfe dieser Untersuchungsergebnisse wird dann beurteilt, inwiefern die Reinigung des Displays notwendig ist und welche Methoden effektiv wirken. Während der erste Teil der Facharbeit die zur Durchführung der Überprüfung notwendigen Grundlagen zum Aufbau und Wachstum von Bakterien erläutert, beschäftigt sich der zweite Teil mit dem Experiment und dessen Ergebnissen.

Ebenso zu betrachten sind die Konsequenzen des Bakterienvorkommens auf Smartphones. Inwiefern können über unser Smartphone, zum Beispiel durch Bakterien, auch Krankheiten übertragen werden? Somit muss die Beziehung zwischen dem Menschen und den Bakterien analysiert werden, um feststellen zu können, wie Bakterien als Krankheitsüberträger fungieren können.

Da diese Fragen und das daraus resultierende Experiment viele Menschen und unser Zusammenleben beeinflussen, finde ich die Thematik besonders spannend und praxisrelevant. Zudem bietet die Untersuchung Raum für weitreichendere Versuche zur Ermittlung der effektivsten Reinigungsmethode für Smartphones, um die Übertragung von Bakterien möglicherweise einzudämmen.

2. Bakterien

2.1 Biologische Grundlagen

2.1.1 Aufbau und Eigenschaften

Bakterien gehören zur Gruppe der einzelligen Mikroorganismen. Mikroben im Allgemeinen haben die Fähigkeit, sich aufgrund ihres hohen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses schnell zu vermehren, da sie Nährstoffe optimal aufnehmen können. Der grundlegende Aufbau mikrobieller Zellen ist dem höherer Organismen besonders in Bezug auf grundlegende Prozesse sehr ähnlich, jedoch existieren auch Unterschiede.¹

Viele Bakterien haben eine Größe von 1-10 µm und sind somit für das menschliche Auge nicht sichtbar.² Sie können sehr unterschiedliche Formen haben, die von dem Aufbau der Zellwand abhängig sind und den Bakterien unterschiedliche Eigenschaften verleihen.³

Bakterien müssen von Viren und Pilzen differenziert betrachtet werden. Es handelt sich zwar bei allen drei Arten um Mikroorganismen, jedoch bestehen einige wichtige Unterschiede zwischen ihnen.

Bakterien besitzen im Gegensatz zu Viren einen eigenen Stoffwechsel und durch die Zellteilung als Teil des Zellzyklus die Fähigkeit, sich selbst zu vermehren. Da Viren diese Fähigkeiten nicht besitzen, werden sie nicht den Lebewesen zugeordnet. Ihre Fortpflanzung ist nur durch den Gebrauch des Stoffwechselapparats der Wirtszellen möglich. Viren können auch Bakterien befallen, indem sie diese als Wirt verwenden. Diese auf Bakterien spezialisierten Viren werden als Bakteriophagen bezeichnet.⁴

Pilze sind anders als Bakterien eukaryotische Mikroorganismen. Dadurch, dass Pilze geringe Ansprüche an ihre Umgebung besitzen und sich ihre Sporen leicht verbreiten, vermehren sie sich schnell z.B. auf diversen Oberflächen oder Kulturmedien. Pilze können ebenfalls, wie Bakterien und Viren, als Pathogene Krankheiten verursachen, jedoch

¹ Gottschalk, G. (2015): Welt der Bakterien, Archaeen und Viren. Ein einführendes Lehrbuch der Mikrobiologie. WILEY-VCH (Weinheim). Seite 14., vgl. Anhang 7.1.

² Schön, Prof. Dr. G. (1999): Lexikon der Biologie - Bakterien. Heidelberg.

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bakterien/6844> (letzter Zugriff: 21.03.2020)., vgl. Anhang 7.2.

³ Gottschalk, a. a. O., S. 14-15., vgl. Anhang 7.2.

⁴ Ebd., S.7-8, 217, 321.

ist ihre Bedeutung und ihr Vorkommen in dieser Funktion im Vergleich zu anderen Mikroorganismen eher gering.⁵

2.1.2 Populationswachstum

Um das Populationswachstum zu ermöglichen, müssen die nötigen Wachstumsbedingungen gegeben sein. Zudem benötigen die Bakterien Energie, die aus unterschiedlichen Quellen bezogen werden kann.⁶

Unter dem Begriff Bakterienwachstum wird die „Zunahme der Zellzahl“⁷ verstanden. Dies erfolgt mittels der Zellteilung, bei der die Zelle zweigeteilt wird, sodass aus einer Mutterzelle zwei Tochterzellen hervorgehen. Für die Zellsynthese sind Polymerationen vonnöten. Dabei werden Makromoleküle aus Monomeren gebildet, die sich im Cytoplasma der Zelle anhäufen und neue Zellstrukturen bilden.⁸

Die Anzahl der Zellteilungen pro Stunde wird als Teilungsrate bezeichnet und die Zeit zwischen zwei Zellteilungen als Generationszeit. Ein typischer Wert dieser Generationszeit sind 20 Min. bei der Bakterienart *Escherichia coli*. Der Wert kann jedoch auch unter 20 Min. liegen oder sich über Stunden bis hin zu Tagen erstrecken.⁹

Die Generationszeit ist abhängig von verschiedenen genetischen und umweltbedingten Faktoren wie z.B. der Temperatur oder dem Nährstoffvorkommen. Deshalb läuft die Zellteilung in der Natur oft langsamer ab und nur im Labor werden die höchsten Generationszeiten erreicht, da dort die optimalen Voraussetzungen für das Wachstum gegeben sind.¹⁰

Das Wachstum einer Bakterienpopulation kann durch eine Wachstumskurve beschrieben werden (vgl. Abbildung 1). Dieser Wachstumsprozess besteht aus verschiedenen Phasen, die an dem Beispiel einer diskontinuierlichen Kultur mit einem begrenzten Volumen der Bakterienart *E. coli* zu erkennen sind.¹¹

⁵ Madigan, M., Martinko, J., Stahl, D. et al (2015): Brock Mikrobiologie Kompakt. Pearson (Halbergmoos), 13. Auflage. S. 540-541.

⁶ Vgl. Anhang 7.3.

⁷ Ebd., S. 186.

⁸ Ebd.

⁹ Gottschalk, a. a. O., S. 16-17.

¹⁰ Madigan u.a., a. a. O., S. 186.

¹¹ Gottschalk, a. a. O., S. 16.

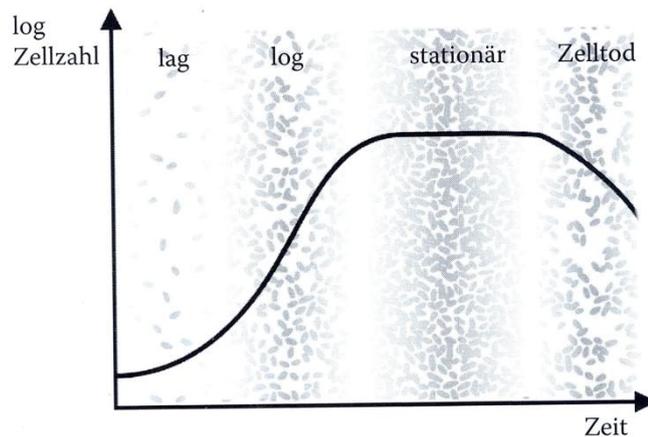


Abbildung 1: Wachstumskurve von Bakterien in einer statischen Kultur, Gerhard Gottschalk: Welt der Bakterien, Archaeen und Viren. Ein einführendes Lehrbuch der Mikrobiologie. Weinheim 2015. Zeichnung: Anne Kemmling, Göttingen. S. 16.

Die erste Wachstumsphase ist die lag-Phase, in der nur wenige Zellteilungen stattfinden. Dort können, in Vorbereitung auf das exponentielle Wachstum, z.B. fehlende Bestandteile für wichtige Zellprozesse gebildet werden. Dieses Wachstum setzt in der zweiten Phase, der log-Phase, ein. Dort ist eine starke Zunahme der Zellzahl in der Wachstumskurve zu erkennen (vgl. Abbildung 1, log), da sich die Anzahl der Zellzahlen und damit auch die Masse während einer Generationszeit verdoppeln. Anschließend folgt die stationäre Phase, da das Wachstum der Bakterien durch die diskontinuierliche Kultur begrenzt wird. Das Wachstum wird dann entweder durch fehlende Nährstoffe oder durch Abfallprodukte gehemmt, sodass die Anzahl der Zellen konstant bei einem Wert bleibt (vgl. Abbildung 1, stationär). Dieser Ausgleich zwischen Wachstums- und Sterberate wird als kryptisches Wachstum bezeichnet. Abschließend setzt die Absterbephase ein, bei der die Bakterienzellen bei einer fortlaufenden Inkubation nach der stationären Phase absterben (vgl. Abbildung 1, Zelltod).¹²

2.1.3 Biotische und abiotische Faktoren

Es gibt vier abiotische Schlüsselfaktoren, die das Wachstum von Bakterien beeinflussen. Dazu zählen die Temperatur, welche besonders wichtig ist, der pH-Wert, das Wasservorkommen und der Sauerstoffgehalt.¹³

¹² Madigan u.a., a. a. O., S. 195-197.

¹³ Ebd., S. 206.

Bezüglich der Toleranz von Bakterien gegenüber der Temperatur wird zwischen drei Kardinaltemperaturen unterschieden (vgl. Abbildung 2). Das Minimum gibt den Temperaturwert an, unter dem kein Wachstum möglich ist. Im Gegensatz dazu gibt das Maximum den höchsten Wert an, dessen Überschreitung zur Denaturierung der Bakterienzelle führt. Beim optimalen Wert, ist das Wachstum am schnellsten möglich, denn je höher die Temperatur ist, desto schneller laufen enzymatische Reaktionen ab. Aus diesem Grund liegt das Optimum oft näher am Maximum als am Minimum. Organismen,

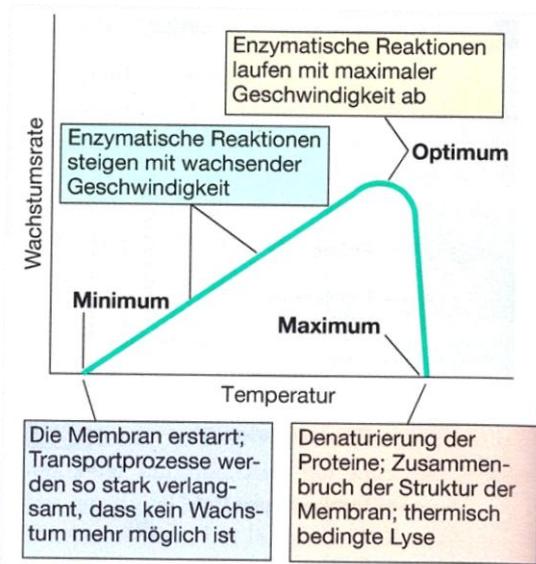


Abbildung 2: Temperaturtoleranz mit den Kardinaltemperaturen, Michael T. Madigan u.a.: Brock Mikrobiologie Kompakt. Halbergmoos 13. Auflage 2015. S. 206.

deren Optimum im mittleren Temperaturbereich liegt, sind in die Temperaturklasse der Mesophilen einzuordnen.¹⁴

Ein weiterer Faktor, der das Wachstum der Bakterien beeinflusst, ist der pH-Wert. Bei den meisten Mikroorganismen liegt der Toleranzbereich zwischen den pH-Werten drei und neun. Viele Bakterien wachsen bei neutralen pH-Werten und gehören somit zur Gruppe der Neutrophile, einige Bakterien und Pilze wachsen jedoch bei Werten unter fünf und gehören zu den Acidophilen.¹⁵

Auch osmotische Einflüsse sind für das Bakterienwachstum von Bedeutung. Es sollte eine positive Wasserbilanz herrschen, sodass Wasser in die Zelle hinein diffundiert. Damit dies möglich ist, muss die Konzentration gelöster Stoffe im Cytoplasma mikrobieller Zellen höher sein als im Medium. Ist dies nicht der Fall und die Konzentration gelöster Substanzen im Medium ist höher, so diffundiert Wasser aus der Zelle und die Zelle dehydriert.¹⁶

Bei dem letzten abiotischen Schlüsselfaktor für das Bakterienwachstum handelt es sich um die Sauerstoffkonzentration. Mikroorganismen besitzen bezüglich dieses Faktors sehr unterschiedliche Anforderungen, weshalb sie in unterschiedliche Sauerstoffklassen

¹⁴ Ebd., S. 206-207.

¹⁵ Ebd., S. 213-214.

¹⁶ Ebd., S. 215.

einzuordnen sind. Aufgrund der Rahmenbedingungen dieses Experiments, können nur anaerobe Bakterien gezüchtet werden, die keinen Sauerstoff atmen bzw. fakultative aerobe Mikroorganismen, die sowohl unter oxischen als auch unter anoxischen Bedingungen wachsen können.¹⁷

Es gibt auch biotische Umweltfaktoren, die auf das Bakterienwachstum Auswirkungen haben. Dabei muss zwischen intraspezifischen und interspezifischen Faktoren unterschieden werden. Ein Beispiel für einen intraspezifischen biotischen Umweltfaktor stellt die Bildung von Biofilmen dar. Eine Anhäufung bakterieller Zellen bildet eine mikrobielle Gemeinschaft, die den Bakterien durch verschiedene Vorteile des Zusammenlebens eine höhere Überlebenschance bietet.¹⁸

Ein interspezifischer abiotischer Umweltfaktor sind beispielsweise Bakteriophagen. Diese Viren infizieren Bakterien und nutzen ihren Stoffwechsel, um sich fortzupflanzen. Es kann bei virulenten Bakteriophagen sogar zur Auflösung des Bakteriums kommen. Somit schaden Bakteriophagen den Bakterien und nutzen sie für eigene Zwecke.¹⁹

2.2 Wirkung auf den Menschen

2.2.1 Überleben durch morphologische und physiologische Anpasstheiten

Die allgemeine Überlebensstrategie von Mikroorganismen besteht darin, sich unterschiedlichen Lebensbedingungen anzupassen, wie dem pH-Wert, der Temperatur, dem Wassergehalt, dem Gehalt an Mineralien und der Verfügbarkeit von Substraten zur Energiegewinnung. Deshalb sind Mikroorganismen auch in fast allen Lebensräumen zu finden. Im Zuge der Evolution haben sich dementsprechend viele verschiedene Bakterienarten entwickelt, die mit unterschiedlichen Eigenschaften an die Umweltbedingungen des jeweiligen Lebensbereichs angepasst sind. So beziehen verschiedene Bakterienarten ihre Stoffwechselenergie aus unterschiedlichen Quellen. Es existieren unterschiedliche Arten der Photosynthese und einige Bakterien setzen zur Energiegewinnung bestimmte Stoffe um.²⁰

¹⁷ Ebd., vgl. Anhang 7.4.

¹⁸ Ebd., S. 575-578., vgl. Anhang 7.5.

¹⁹ Schwarz, Priv.-Doz. Dr. E. (1999): Lexikon der Biologie – Bakteriophagen. Heidelberg.
<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bakteriophagen/6895> (letzter Zugriff: 22.03.2020).

²⁰ Gottschalk, a. a. O., S. 84.

Die Bakterien besitzen noch weitere Anpassungen als Überlebensstrategien, deren Existenz durch die Evolution begründet ist. Es wird zwischen zwei treibenden Kräften unterschieden: Einerseits Genveränderungen durch Mutationen, die Veränderungen der Eigenschaften der Bakterien bewirken können, und andererseits die Neubildung von Genen aus Fragmenten, durch die Gendefekte kompensiert werden und vorteilhafte genetische Informationen genutzt werden können. Doch auch die Transduktion stellt eine Überlebensstrategie dar. Bakteriophagen injizieren bei der Infektion von Bakterien neben ihrer eigenen auch fremde DNA, die nützliche Informationen enthalten kann, sodass es zur Entstehung neuer Eigenschaften kommen kann.²¹

2.2.2 Übertragung von Krankheiten

Bakterien können Organismen wie Tiere oder den Menschen befallen. Dafür benötigen sie Strategien zum Eindringen in den Körper. Da der Mensch dies jedoch verhindern möchte, existieren ebenfalls Gegenstrategien, die das Eindringen der Bakterien verhindern sollen. Zum einen besitzt der menschliche Körper bakterienundurchlässige Oberflächen wie z.B. die Haut, um die Anzahl und Größe der Körperöffnungen zu minimieren. Außerdem soll das Immunsystem des Menschen die Bakterien, die dennoch in den Körper eindringen können, bekämpfen.²²

Allgemein muss aber zwischen der normalen Mikroflora des Menschen, die ihm keinen Schaden zufügt, sondern ihm nutzt, und Pathogenen²³ unterschieden werden. Bei Pathogenen handelt es sich um Mikroorganismen, die als Krankheitserreger fungieren. Sie besiedeln den Körper und fügen dem Wirt direkt oder indirekt einen Schaden in Form einer Krankheit zu. Damit sie den Körper befallen können, besitzen sie Mechanismen, um in das Gewebe des Körpers einzudringen.²⁴

Um den Ablauf einer Krankheitsübertragung durch Bakterien zu erläutern, müssen zunächst die Begrifflichkeiten der Infektion und der Krankheit voneinander differenziert werden. Eine Infektion beschreibt den Prozess der Besiedelung eines Wirtes durch einen Mikroorganismus und dessen Wachstum. Der Mikroorganismus verursacht dabei jedoch nicht zwingend einen Schaden bei dem Wirt. Der Schaden ist unter dem Begriff der

²¹ Ebd., S. 207-215., vgl. Anhang 7.6.

²² Ebd., S. 309.

²³ Vgl. Anhang 7.7.

²⁴ Madigan u.a., a. a. O., S. 640-641.

Krankheit zuzuordnen. Bei einer Krankheit kommt es zur Beeinträchtigung der Körperfunktionen des Wirts. Dementsprechend handelt es sich bei der normalen Mikroflora des Menschen zwar um Infektionen durch Mikroorganismen, jedoch wird keine Krankheit verursacht.²⁵

Um eine Krankheit verursachen zu können, müssen die Pathogene also zunächst in den Wirt eindringen und ihn somit infizieren. Obwohl der Körper bakterienundurchlässige Oberflächen als Schutzmechanismus gegen Bakterien besitzt, existieren dennoch der Urogenitaltrakt, der Atmungstrakt und der Gastrointestinaltrakt als Körperöffnungen, durch die Bakterien eindringen können. Um die Pathogene davon abzuhalten, sind diese Öffnungen durch Schleimhäute geschützt, deren Schleim das Eindringen der Mikroorganismen verhindert. Dennoch können sie die Schleimhautbarriere durchbrechen, indem sie sich stärker an die Oberfläche der Schleimhaut anheften. Dies wird durch Erkennungsvorgänge zwischen den Pathogenen und dem Wirt ermöglicht.²⁶

Nachdem die Pathogene in den Wirt über die Schleimhäute oder offene Wunden eingedrungen sind, verursachen sie bei ihm eine Krankheit. Dieser Prozess wird als Pathogenese bezeichnet. Dazu bilden die Pathogene zunächst Kolonien, wozu sie geeignete Bedingungen, wie z.B. ein ausreichendes Nährstoffvorkommen benötigen. Anschließend verursachen sie durch Toxine und Virulenzfaktoren eine Krankheit. Die zuvor gebildeten Toxine hemmen die Funktionen der Wirtszellen und können sie teilweise sogar töten. Diese Fähigkeit, durch Toxine Krankheiten zu verursachen, wird als Toxizität bezeichnet. Zusätzlich zu den Toxinen bilden viele Pathogene Virulenzfaktoren. Diese unterstützen das Wachstum der Pathogene, z.B. durch Enzyme, und verstärken somit die Invasivität.²⁷ Da Bakterien auch als Pathogene fungieren können, existieren verschiedene durch sie verursachte Infektionskrankheiten.²⁸

Um diese Infektionskrankheiten zu verhindern, können verschiedene Maßnahmen angewandt werden. Zum einen ist eine regelmäßige Gesundheitsvorsorge nötig, um Krankheitsverläufe rechtzeitig zu erkennen. Außerdem werden antimikrobielle Agentien angewandt, um Pathogene zu bekämpfen. Damit es gar nicht erst zu einer Infektion mit

²⁵ Ebd.

²⁶ Ebd.

²⁷ Ebd., S. 654-655.

²⁸ Vgl. Anhang 7.8.

Pathogenen kommt, ist zudem eine gute Hygiene nötig.²⁹ Aus diesem Grund sollen in dem Experiment dieser Facharbeit verschiedene Hygienemaßnahmen auf ihre Effektivität überprüft werden, um eine Verbreitung von Mikroorganismen, insbesondere Bakterien, über Smartphones zu vermindern.

3. Experiment

3.1 Hypothesen

Die Facharbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob das Smartphone als Bakterenschleuder bezeichnet werden kann. Um die Beantwortung dieser Frage zu ermöglichen, muss zunächst das quantitative Bakterienvorkommen auf den Smartphones untersucht werden. Zudem soll mit dem Experiment der Einfluss von der Reinigung mit Wasser und mit Desinfektionsmitteln auf das Bakterienvorkommen geprüft werden, da es eine Verbreitung der Bakterien zu vermeiden gilt. Die Hersteller der Desinfektionsmittel werben häufig damit, dass die Bakterien entfernt werden. Daher ist ein geringeres Bakterienvorkommen nach der Säuberung mit Desinfektionsmitteln im Vergleich zu keiner Säuberung des Handys zu erwarten. Dafür spricht auch der in den Desinfektionsmitteln enthaltene Alkohol, der Bakterien abtötet. Da Wasser keinerlei abtötende Stoffe enthält, ist nicht davon auszugehen, dass die Reinigung mit Wasser effektiver als die mit Desinfektionsmitteln wirkt. Aufgrund dieser Tatsache könnte zudem angenommen werden, dass es möglicherweise keinen Unterschied bezüglich des Bakterienvorkommens nach der Reinigung von Wasser und ohne Reinigung gibt.

Es könnte sich auch zeigen, dass beide Reinigungsmaßnahmen zu keiner sichtbaren Veränderung der Bakterienanzahl führen, da die Bakterienbelastung zu groß sein könnte, als dass die ausgewählten zeitlichen Abstände zwischen den Reinigungen ausreichen, um die Verminderung des Bakterienvorkommens darzustellen.

3.2 Versuchsansatz

3.2.1 Wachstumsbedingungen von Bakterien

Bei dem Versuch sollen besonders die Bakterien im Vordergrund stehen, die den menschlichen Körper befallen und als Pathogene Krankheiten verursachen können. Es geht darum, ihr Vorkommen quantitativ auf den Displays der Smartphones zu untersu-

²⁹ Madigan u.a., a. a. O., S. 10.

chen. Dafür bietet sich das Züchten einer Bakterienkultur an, da ihr Wachstumsfortschritt durch die exponentielle Wachstumsphase aufgrund des günstigen Volumen-Oberflächen-Verhältnisses schnell erkennbar sein sollte. Da die Temperatur ein sehr wichtiger Faktor für das Bakterienwachstum ist, sollte sie möglichst nahe bei der Temperatur des menschlichen Körpers liegen und konstant gehalten werden. Die Versorgung mit Sauerstoff ist nicht möglich, da die Petrischalen mit den Bakterienkulturen aus Sicherheitsgründen³⁰ luftdicht verschlossen werden. Doch da Bakterien auch unter anoxischen Bedingungen wachsen können, sollte dies kein Problem darstellen. Es ist jedoch zu beachten, dass dementsprechend möglicherweise nicht alle Bakterien, die als Pathogene fungieren, unter diesen Bedingungen wachsen können.

Damit die Bakterienkultur wachsen kann, müssen ein ausreichendes Nährstoffvorkommen sowie eine ausreichende Konzentration an Wasser gewährleistet sein. Um diese Versorgung zu ermöglichen, wird ein Nährmedium hergestellt, das die nötigen Anforderungen der Bakterien erfüllt.

3.2.2 Reinigungsmethoden von Handydisplays

Zunächst ist festzuhalten, dass sich Bakterien oft auf Oberflächen, wie z.B. Smartphones, verbreiten, da dort die Verfügbarkeit von Nährstoffen gegeben ist und sie ihnen Schutz vor Feinden und davor, weggespült zu werden, bieten. Aus diesem Grund bilden Mikroorganismen wie Bakterien Kolonien bzw. Mikrokolonien, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind. Diese kontaminierten Oberflächen stellen dann ein Infektionsrisiko dar, besonders wenn es sich um Gegenstände handelt, die mit menschlichen Körperöffnungen Kontakt haben oder sogar in den Körper eingeführt werden.³¹

Um diese Bakterienkolonien auf Oberflächen zu kontrollieren, werden verschiedene Reinigungsmethoden angewandt. Zum einen die Dekontamination, also die Entfernung von Verunreinigungen, und zum anderen die Desinfektion, die besonders auf die Entfernung von Pathogenen abzielt. Dadurch wird das mikrobielle Wachstum gehemmt bzw. werden die Mikroorganismen getötet. Es können jedoch nicht alle Mikroben in ihrem Wachstum gehemmt bzw. abgetötet werden. Bei der Reinigung mit Desinfekti-

³⁰ Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen in Nordrhein-Westfalen (RISU-NRW), Ausgabe 2017, I - 6.4 Schutzmaßnahmen.

³¹ Madigan u.a., a. a. O., S. 574-575.

onsmitteln wird zwar ein Großteil der Mikroorganismen zerstört, jedoch verbleiben Endosporen, die den Mikroben die Möglichkeit zur erneuten Verbreitung geben. Eine vollständige Eliminierung der Mikroorganismen ist nur durch die Sterilisation möglich. Dennoch können Reinigungs- und Desinfektionsmittel die Anzahl der Mikroorganismen auf unbelebten Flächen reduzieren und die Infektionsgefahr senken.³²

Da es sich bei Handydisplays ebenfalls um unbelebte Oberflächen handelt, kann deren Reinigung sowohl durch die Dekontamination mit beispielsweise Tüchern oder Wasser, durch die Reinigung mit Reinigungsmitteln, wie z.B. Seife, als auch durch die Desinfektion mit geeigneten Desinfektionsmitteln erfolgen.

Die Firma „Sagrotan“ stellt Desinfektionstücher für derartige Oberflächen her und garantiert für ihr Produkt eine Beseitigung von 99,99% der Bakterien nach der Reinigung.³³ Da sich nach der Reinigung bei fortlaufender Nutzung erneut Bakterien und andere Mikroorganismen auf dem Display ansammeln, müsste das Smartphone für eine dauerhafte Befreiung von Mikroben vor jedem Gebrauch gereinigt werden. Dieser Effekt tritt auch bei allen anderen Reinigungsmaßnahmen auf.

Da dies im Alltag jedoch sehr umständlich und nicht praktikabel ist, wird in diesem Experiment die Wirksamkeit der Reinigungsmethoden bei deren Anwendung in bestimmten Zeitintervallen untersucht. Zur Überprüfung der Effektivität erfolgen eine regelmäßige Reinigung der Displays und eine anschließende Untersuchung des Bakterienvorkommens.

3.3 Versuchsaufbau und Durchführung

Das Experiment erfolgt mithilfe von 18 Testpersonen, die in drei verschiedene Testgruppen eingeteilt sind (A, B, C). Testgruppe A stellt dabei die Kontrollgruppe dar, die über den gesamten Versuchszeitraum das Display des Smartphones nicht reinigt. Den Testgruppen B und C ist jeweils eine Reinigungsmethode zugeordnet. Testgruppe B reinigt das Display des Smartphones mit einem Mikrofasertuch und Wasser. Die Personen der Testgruppe C reinigen ihr Smartphone im Gegensatz dazu mit Desinfektionstüchern. Damit die Vergleichbarkeit der Reinigungsmaßnahmen gegeben ist, verwenden

³² Ebd., S. 222-232, 231-233.

³³ „2 in 1 Desinfektions-Tücher für Hände und Oberflächen“ von „Sagrotan“.

alle Probanden der Testgruppe B die gleichen Mikrofasertücher und alle Testpersonen der Gruppe C die gleichen Reinigungstücher der Firma „Sagrotan“.

Der Versuch erstreckt sich über einen Zeitraum von zwei Wochen. Die Probenentnahme von den Displays der Smartphones aller Probanden erfolgt zu Beginn des Experiments und jeweils am Ende der zwei folgenden Wochen. In diesen Wochen wenden die Testgruppen B und C die Reinigungsmethoden bei ihren Smartphones an. Von dem Smartphone jeder Testperson stehen so drei Proben zur Verfügung. Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über den zeitlichen Ablauf des Experiments für die verschiedenen Testgruppen:

Drei Testgruppen

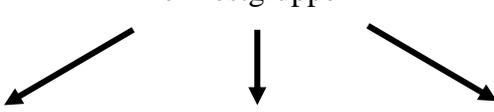


Tabelle 1: Versuchsaufbau

Zeitpunkt	Status Testgruppe A	Status Testgruppe B	Status Testgruppe C
Beginn des Experiments	nicht gereinigtes Display	nicht gereinigtes Display	nicht gereinigtes Display
Ende der ersten Woche	nicht gereinigtes Display	Display mit Wassergereinigt (an drei Tagen)	Display mit Desinfektionstüchern gereinigt (an drei Tagen)
Ende der zweiten Woche	nicht gereinigtes Display	Display mit Wassergereinigt (an drei Tagen)	Display mit Desinfektionstüchern gereinigt (an drei Tagen)

Die Reinigung erfolgt bei allen Probanden der Testgruppen B und C sonntags, dienstags und donnerstags streng nach einer vorgegebenen Anleitung³⁴, damit die Reinigung möglichst identisch verläuft. Zur Berücksichtigung aller Stellen auf dem Display bei der

³⁴ Vgl. Anhang S. 28-29.

Reinigung, erfolgt diese zweimal nacheinander. Bei der Reinigung mit Desinfektionstüchern wird zudem die vom Hersteller vorgegebene Einwirkzeit von fünf Minuten eingehalten.

Zur Züchtung der Bakterienkulturen werden Nährmedien hergestellt, die der Nährstoffversorgung dienen. Da durch das Experiment nur das quantitative Vorkommen von Bakterien untersucht werden soll, ist keine Differenzierung zwischen verschiedenen Arten notwendig, sodass kein selektives Nährmedium benötigt wird. Es ist zudem ein fester Nährboden vonnöten, damit Abklatschproben bzw. Abstriche genommen werden können. Aus diesen Gründen handelt es sich bei dem verwendeten Nährmedium um einen nicht selektiven Festnährboden aus Nähragar, der eine Zucht von wenig anspruchsvollen Mikroorganismen ermöglicht.³⁵

Die Bestandteile des Nährmediums sind Geflügelfond und Zucker, da diese die benötigten Nährstoffe für die Heterotrophe wie Kohlenhydrate, Hefeextrakt, Natriumchlorid und Pepton sowie eine ausreichende Menge an Wasser enthalten. Zudem wird der Mischung Agar hinzugefügt, welches zur Gelierung des Nährmediums führt. Für 18 Nährmedien werden 1,75 Liter Geflügelfond und 5 Esslöffel Zucker sowie 33g Agar vermischt und 45 Min. lang gekocht. Durch das Erhitzen wird die Nährlösung flüssig, sodass sie unter sterilen Bedingungen mit einem Esslöffel in Petrischalen gefüllt werden kann. Die Petrischalen selbst müssen ebenfalls steril und auf der Unterseite beschriftet sein und zum Befüllen sollte der Deckel nur so kurz wie möglich angehoben werden. Nach dem Befüllen kühlen die Nährmedien ab, bis sie einen festen Zustand erreichen. Anschließend werden sie bis zum Gebrauch für mindestens vier Stunden kühl gelagert. Dabei sollten die Petrischalen auf dem Deckel liegen, sodass das Kondenswasser nicht auf das Nährmedium läuft.³⁶

Bei der Probenentnahme werden die zuvor hergestellten Nährböden angeimpft. Dies erfolgt zu Beginn des Experiments bei der Hälfte der Testpersonen, gleichmäßig auf die drei Testgruppen aufgeteilt, durch eine Abklatschprobe, indem das Display direkten Kontakt zu dem Nährmedium hat. Bei der anderen Hälfte werden Abstriche mithilfe

³⁵ Messelhäuser, U. (2010): Kultivierungsverfahren für Bakterien S.7-8, 11-12 in: Busch, U. (Hg.): Molekularbiologische Methoden in der Lebensmittelanalytik (Berlin Heidelberg).

³⁶ Dechemax Schülerwettbewerb, 2017/18 – Pillen, Pulsschalg und Prothesen, Versuch Teil A – Unsichtbare Begleiter,
https://dechemax.de/dechemax_media/Downloads/Wettbewerbe_Archiv/Wettbewerb2017/Versuche.pdf
(letzter Zugriff 27.03.2020)

eines nicht kontaminierten Wattestäbchens genommen, um verschiedene Methoden des Animpfens zu testen.

Das Animpfen mithilfe von Abstrichen stellte sich als geeigneter für das Experiment heraus, da die Nährmedien leichter hergestellt werden können. Denn das Nährmedium muss bis zum Rand gefüllt sein, damit der Kontakt zum Display des Smartphones überhaupt möglich ist. Bei dem Befüllen entsteht dann das Problem, dass sich das noch flüssige Nährmedium mit dem Deckel der Petrischale verbindet. Zudem besteht bei den Abklatschproben die Gefahr, dass die Displays nicht vollständig auf dem Nährmedium aufliegen. Dies hat sich durch die Erfahrungen bei der ersten Probenentnahme herausgestellt, sodass das Animpfen mithilfe von Abstrichen für die verbleibenden zwei Probenentnahmen bei allen Testpersonen fortgeführt wird.

Bei der Probenentnahme ist außerdem darauf zu achten, bei allen Handydisplays den „Homebutton“ mit einzubeziehen, da dieser für diverse Funktionen benötigt wird und somit besonders häufig mit den Fingern in Kontakt kommt.

Nachdem die Nährmedien angeimpft sind, werden die Petrischalen luftdicht mit einem Parafilm Verschlussband verschlossen. Dieses passt sich durch seine Dehnbarkeit an die Petrischalen an und die Ränder können durch leichtes Erwärmen versiegelt werden.

Mithilfe eines Inkubators³⁷ werden die Nährmedien bei einer konstanten Temperatur von $35,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ bebrütet. Die Petrischalen sind nebeneinander und auf ihrem Deckel gelagert, sodass alle die gleiche Wärme erreicht und das Kondenswasser verdunsten kann, damit es zu keiner optischen Beeinträchtigung kommt.

Im Laufe der Bebrütungszeit von sieben Tagen wird der Wachstumsfortschritt jeden Tag in Form von Fotos dokumentiert. Die quantitative Auswertung des Bakterienvorkommens erfolgt durch die Messung der flächenmäßigen Ausbreitung der inkubierten Bakterienkulturen. Dazu werden die Fotos der Bakterienkulturen des letzten Tages der Inkubation mithilfe des Programms „Dataf Measure“ ausgewertet. Die Software ermöglicht es, ausgewählte Bereiche eines Fotos in die gewünschte Flächenmaßeinheit umzurechnen.³⁸

³⁷ Vgl. Anhang S.30.

³⁸ Vgl. Anhang S.31.

3.4 Beobachtungen

Bereits nach wenigen Tagen sind bei den ersten Testpersonen Entwicklungen zu erkennen (vgl. Abbildung 3, rot markierte Kulturen). Die folgenden Tabellen dokumentieren die flächenmäßige Ausbreitung der gezüchteten Bakterienkulturen nach sieben Tagen. Es handelt sich dabei zunächst bei Tabelle 2 um die erste Probenentnahme, bei der zuvor von keiner Testgruppe Reinigungsmethoden angewandt worden sind.



Abbildung 3: Bakterienkultur der ersten Probenentnahme nach vier Tagen Inkubation

Tabelle 3 stellt die Ausbreitung der Bakterienkulturen nach weiteren sieben Tagen Inkubation dar, nachdem in der Woche vor der Probenentnahme die Testgruppen B und C die entsprechenden Reinigungsmethoden angewandt haben. Dies wird für die darauffolgende Woche ebenfalls durch Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 2: Ausbreitung der ersten Bakterienkulturen nach sieben Tagen Inkubation

Woche 1					
Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C	
Person A1	0,76 cm ²	Person B1	45,15 cm ²	Person C1	0,48 cm ²
Person A2	31,57 cm ²	Person B2	6,62 cm ²	Person C2	0,66 cm ²
Person A3	52,09 cm ²	Person B3	16,34 cm ²	Person C3	1,05 cm ²
Person A4	37,98 cm ²	Person B4	54,92 cm ²	Person C4	1,53 cm ²
Person A5	0,91 cm ²	Person B5	51,96 cm ²	Person C5	48,17 cm ²
Person A6	56,24 cm ²	Person B6	8,52 cm ²	Person C6	0,24 cm ²
Mittelwert	29,93 cm²	Mittelwert	30,59 cm²	Mittelwert	8,69 cm²

Tabelle 3: Ausbreitung der zweiten Bakterienkulturen nach sieben Tagen Inkubation und der Anwendung von Reinigungsmaßnahmen (Gruppe B und C)

Woche 2					
Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C	
Person A1	36,96 cm ²	Person B1	46,60 cm ²	Person C1	54,75 cm ²
Person A2	1,59 cm ²	Person B2	53,32 cm ²	Person C2	52,17 cm ²
Person A3	52,40 cm ²	Person B3	46,75 cm ²	Person C3	40,14 cm ²
Person A4	51,27 cm ²	Person B4	45,54 cm ²	Person C4	44,08 cm ²
Person A5	49,60 cm ²	Person B5	49,78 cm ²	Person C5	34,51 cm ²
Person A6	0,00 cm ²	Person B6	49,33 cm ²	Person C6	45,86 cm ²
Mittelwert	31,97 cm²	Mittelwert	48,55 cm²	Mittelwert	45,25 cm²

Tabelle 4: Ausbreitung der dritten Bakterienkulturen nach sieben Tagen Inkubation und der Anwendung von Reinigungsmaßnahmen (Gruppe B und C)

Woche 3					
Gruppe A		Gruppe B		Gruppe C	
Person A1	44,66 cm ²	Person B1	1,26 cm ²	Person C1	56,65 cm ²
Person A2	0,19 cm ²	Person B2	27,06 cm ²	Person C2	15,17 cm ²
Person A3	1,13 cm ²	Person B3	1,43 cm ²	Person C3	0,05 cm ²
Person A4	0,82 cm ²	Person B4	0,58 cm ²	Person C4	5,28 cm ²
Person A5	0,30 cm ²	Person B5	45,94 cm ²	Person C5	2,00 cm ²
Person A6	3,58 cm ²	Person B6	0,60 cm ²	Person C6	50,02 cm ²
Mittelwert	8,45 cm²	Mittelwert	12,81 cm²	Mittelwert	21,53 cm²

3.5 Auswertung

Die berechneten Mittelwerte geben jeweils die durchschnittliche flächenmäßige Ausbreitung der Bakterienkulturen von den Testgruppen für jede der drei Probenentnahmen an. Aus diesen Mittelwerten lassen sich sowohl die durchschnittlichen Werte für die einzelnen Wochen, als auch für die einzelnen Gruppen bilden:

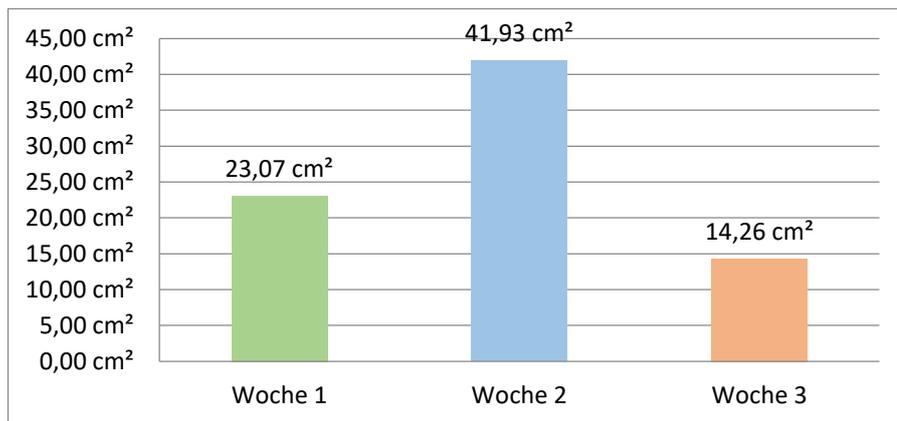


Abbildung 4: Mittelwerte aller Testgruppen für die flächenmäßige Ausbreitung der Bakterienkulturen der einzelnen Wochen

Tabelle 5: Mittelwerte für die flächenmäßige Ausbreitung der Bakterienkulturen der einzelnen Gruppen für die 2. und 3. Probenentnahme

Mittelwerte 2.-3. Woche	
Mittelwert Gruppe A	20,21 cm ²
Mittelwert Gruppe B	30,68 cm ²
Mittelwert Gruppe C	33,39 cm ²

Bei den Durchschnittswerten der verschiedenen Wochen ist zu beobachten, dass die Ausbreitung, nach der ersten Anwendung der Reinigungsmethoden bei den Gruppen B und C, insgesamt dennoch nicht gesunken, sondern von $23,02 \text{ cm}^2$ auf $41,93 \text{ cm}^2$ gestiegen ist. Nach der zweiten Anwendung der Reinigungsmaßnahmen, die identisch zur ersten Anwendung verlief, ist jedoch die flächenmäßige Ausbreitung der Bakterienkulturen deutlich auf $14,26 \text{ cm}^2$ zurückgegangen.

Bei der dritten Probenentnahme sind besonders niedrige Werte zu erkennen. Das geringe Bakterienvorkommen könnte eine Folge des Coronavirus sein, der sich weltweit ausgebreitet hat. Eine Woche vor der letzten Probenentnahme, am 29.02.2020, waren in Deutschland bereits 70 Menschen mit dem Virus infiziert, sodass Veranstaltungen abgesagt wurden, teilweise Schulen schließen sollten und viele Menschen als Vorsichtsmaßnahme zuhause in Quarantäne bleiben mussten.³⁹ Nur zwei Tage später am 02.03.2020 waren 130 Infektionen mit dem Coronavirus deutschlandweit bekannt. Zudem waren die Regale mit Desinfektionstüchern in vielen Supermärkten leer.⁴⁰ Die Menschen verzichteten oftmals auf Körperkontakt und es kam zu einem erhöhten Einsatz von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln. Zudem wurde durch die Medien kommuniziert, dass die Hände regelmäßig und sehr gründlich gewaschen werden sollten. Diese Hygienemaßnahmen könnten dazu geführt haben, dass sich die Bakterienanzahl auf den Händen der Probanden und damit auch auf den Displays der Smartphones deutlich verringert hat. Dass nach der zweiten Probenentnahme die Ausbreitung der Bakterienkulturen größer war als nach der ersten, deutet jedoch auf den Misserfolg der speziell angewandten Reinigungsmaßnahmen hin.

Ebenso sind bei den Mittelwerten der einzelnen Testgruppen Auffälligkeiten zu erkennen. Wenn nur die Mittelwerte für die Wochen, in denen Gruppe B und C die Handys gesäubert haben, betrachtet werden, so sprechen die Erwartungen bei diesen Testgruppen für geringere Werte als bei der Vergleichsgruppe. Doch der Wert der durchschnittlichen flächenmäßigen Ausbreitung von Vergleichsgruppe A ist mit $20,21 \text{ cm}^2$ der geringste aller Testgruppen. Von der ersten bis zur zweiten Probenentnahme sind die Wer-

³⁹ o.V. (29.02.2020): Coronavirus in Deutschland – Zahl der Infizierten steigt weiter. Berlin. <https://www.tagesschau.de/inland/coronavirus-deutschland-infektionen-103.html> (letzter Zugriff: 23.03.2020)

⁴⁰ o.V. (02.03.2020): 130 Corona-Infizierte in Deutschland – Mehr Fälle und Pläne für Konjunkturpaket. Berlin. <https://www.tagesschau.de/inland/coronavirus-fallzahlen-101.html> (letzter Zugriff: 23.03.2020)

te der Testgruppe A wie zu erwarten konstant geblieben und nur die Erwartungen der anderen Testgruppen wurden nicht erfüllt. Anschließend folgt Testgruppe B mit $30,68 \text{ cm}^2$ und bei der Testgruppe, mit dem Desinfektionsmittel als Reinigungsmaßnahme, hat mit $33,39 \text{ cm}^2$ die größte Ausbreitung der Bakterienkulturen stattgefunden.

Wenn zunächst nicht von Fehlern bei der Durchführung des Experiments ausgegangen wird, kann dies an dem unterschiedlichen Verhalten der Personen der Testgruppen liegen. Die Probanden der Vergleichsgruppe könnten ihr Handy weniger oft nutzen oder im Alltag mit weniger Bakterien in Kontakt kommen. Dagegen sprechen jedoch die sehr geringen Werte der Testgruppe C nach der ersten Probenentnahme, die nur bei $8,69 \text{ cm}^2$ lagen. Dieser Wert wurde trotz der Reinigungsmaßnahmen nicht mehr erreicht oder unterschritten. Es kann sich jedoch auch das Verhalten der Testpersonen zwischen den Wochen verändert haben. Dies würde eine Erklärung für die zu Beginn niedrigen Werte dieser Gruppe darstellen. Eine andere Möglichkeit wäre, dass diese Versuchspersonen vor dem Experiment effektivere Reinigungsmaßnahmen oder häufigere Säuberungen durchgeführt haben. Bei der Reinigungsmethode mit Wasser könnte auch das Tuch, das für die Säuberung verwendet wurde, mit der Zeit mit Bakterien kontaminiert gewesen sein. Dies würde jedoch nicht die Werte der Testgruppe C erklären.

Es ist zudem interessant, die Werte einzelner Testpersonen zu betrachten: So sind die Werte der Person A1 kontinuierlich angestiegen. Dies entspricht jedoch nicht der anhand der Mittelwerte zu beobachtenden Entwicklung, da beim letzten Versuch im Durchschnitt die geringsten Werte erzielt wurden. Auffällig ist zudem, dass Person A1 als Einzige in der letzten Woche mit $44,66 \text{ cm}^2$ innerhalb ihrer Testgruppe einen so hohen Wert verzeichnet, da die anderen Testpersonen der Gruppe A nur Werte unter 4 cm^2 erreichen. Es ist bekannt, dass Testperson A1 am Tag der letzten Probenentnahme krank war. Das hohe Vorkommen an Mikroorganismen könnte dementsprechend auf die Krankheit der Testperson zurückzuführen sein.

Ein ähnlicher Anstieg ist auch bei der Testperson C6 zu beobachten. Person C5 hingegen hat eine gegensätzliche Entwicklung durchlaufen, da die Werte mit jeder Probenentnahme und nach Anwendung der Reinigungsmittel gesunken sind. Diese Entwicklung könnte einerseits durch einen Erfolg der durchgeführten Reinigungsmaßnahme



Abbildung 5: Bakterienkultur einer Testperson

erklärt werden und andererseits durch zunehmend verstärkte Hygiene aufgrund des Coronavirus.

Abgesehen von der Ausbreitung der Bakterienkulturen sind deren Strukturen auffällig. Da es sich allerdings nur um eine quantitative Untersuchung handelt, können die genauen Arten der Mikroorganismen in der Kultur nicht festgestellt werden. Doch anhand von Vergleichsbildern lassen sich Aussagen über die Struktur treffen.

Bei den Bakterienkulturen sind einerseits wurzelartige Strukturen mit vielen kleinen Verästelungen, andererseits aber auch viele kleine, nebeneinanderliegende Kreise zu erkennen (Abb.5). Diese beiden Strukturarten treten sowohl wie in Abb.5 in Kombination, aber auch jeweils alleine auf. Wenn die wurzelartige Struktur mit einer Pilzkultur (Abb.7) verglichen wird, so sind eindeutig Parallelen zu erkennen. Diese Parallelen existieren auch zwischen einer Bakterienkultur (Abb.6) und den kreisartigen Strukturen. Somit lässt sich vermuten, dass sowohl Pilzkulturen als auch Bakterienkulturen gewachsen sind. Die Struktur der Bakterienkulturen ist allerdings erst im letzten Versuchsansatz zu beobachten, was erneut auf das Verhalten der Testpersonen oder auf eventuelle Fehler während der Versuchsdurchführung zurückzuführen ist.

3.6 Fehleranalyse

Es besteht immer die Möglichkeit, dass durch Fehler bei der Durchführung des Experiments verfälschte Werte entstehen. Diese können die Ursache von einigen Auffälligkeiten der gemessenen Werte darstellen.

Da die Probenentnahme ab der zweiten Woche ausschließlich mit Abstrichen durch Wattestäbchen erfolgte, könnten kontaminierte Wattestäbchen die Ergebnisse verändert haben. Durch eine geeignete Verpackung und die Verwendung von Handschuhen wird eine Kontamination jedoch bestmöglich verhindert.

Eine weitere potentielle Fehlerquelle stellt die Schule als Ort der Probenentnahme dar. Dadurch, dass von 18 Testpersonen Proben entnommen werden mussten, war die Ent-



Abbildung 6: Beispiel einer Bakterienkultur, <https://www.deutsches-museum.de/typo3temp/pics/4d9630b0f1.jpg>



Abbildung 7: Beispiel einer Pilzkultur (Rosenseitling), <https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/dimension=282x10000:format=jpg/path/s7c2f5296443813e1/image/i5f4a85bb80aa172e/version/1439491776/image.jpg>

nahme in einem anderen Rahmen nicht möglich. Somit herrschten keine annähernd sterilen Bedingungen in der Umgebung der Probenentnahme. Dennoch wurden die Petrischalen nur so kurz wie möglich geöffnet und sofort luftdicht verschlossen.

Zu Beginn des Experiments wurden bei einem Teil der Probanden Abklatschproben durchgeführt. Da die Nährmedien jedoch nicht immer genau auf einer Höhe mit den Kanten der Petrischalen waren, konnten eventuell nicht alle Displays mit der vollständigen Fläche auf dem Nährmedium aufliegen. Dies könnte ebenfalls eine Erklärung für die besonders niedrigen Werte der ersten Probenentnahme sein.

Auch bei der Herstellung der Nährmedien sind Fehler nicht ausgeschlossen. Wenn z.B. die Bedingungen beim Befüllen der Petrischalen oder diese selbst nicht steril sind, kann es zu einer Kontamination und damit zur Verfälschung der Ergebnisse kommen.

4. Beurteilung – Ist das Smartphone eine Bakterienschleuder?

4.1 Auswirkungen des Bakterienvorkommens

Die Ergebnisse des Versuchs zeigen, dass auf den Smartphones wahrscheinlich sowohl Pilze als auch Bakterien vorkommen. Beide Arten von Mikroorganismen können als Pathogene fungieren und somit Krankheiten verursachen. Dementsprechend ist es wichtig, das Eindringen dieser Mikroorganismen in unseren Körper zu verhindern. Da die Mikroben nur durch die Körperöffnungen in unseren Körper gelangen können, ist es ratsam, sich die Hände zu waschen, bevor sie z.B. das Gesicht berühren. Dabei ist zu bedenken, dass auch auf dem Display von Smartphones Mikroben vorkommen. Also ist zu empfehlen, das Bakterienvorkommen auf den Displays der Smartphones zu vermindern und sich nach der Benutzung des Handys über das Risiko, möglicherweise Mikroben an den Fingern zu haben, bewusst zu sein.

4.2 Effektivität verschiedener Reinigungsmaßnahmen des Handydisplays

Die Effektivität der Reinigung mit Wasser und Desinfektionsmitteln an drei Tagen der Woche konnte mithilfe dieses Experiments nicht eindeutig nachgewiesen werden. Da sich das Vorkommen der Mikroben jedoch in der letzten Versuchswoche deutlich vermindert hat, ist davon auszugehen, dass weitreichendere Hygienemaßnahmen das Vorkommen vermindern können. Diese weitreichenden Hygienemaßnahmen umfassen vermutlich die durch die Medien empfohlenen Hinweise wie das Vermeiden von Körperkontakt und dem Händedruck, die gründlichere und häufigere Säuberung der Hände

sowie die Verwendung von Desinfektionsmitteln. Aufgrund dieser Erkenntnisse sollte gegebenenfalls das ursprüngliche Hygieneverhalten hinterfragt und verbessert werden, sofern es langfristig das Bakterienvorkommen auf alltäglichen Gegenständen wie dem Smartphone und auf den Händen verringern kann.

5. Ausblick

Die Effektivität der Reinigungsmaßnahmen konnte mit einer Anwendung an drei Tagen der Woche noch nicht eindeutig festgestellt werden. Dementsprechend könnten weitreichendere Experimente mit mehr Testpersonen über einen längeren Zeitraum aus verschiedenen Arbeitsbereichen durchgeführt werden. Dabei würden repräsentativere Ergebnisse erzielt werden und das Verhalten des Einzelnen wäre von geringerer Bedeutung. Zudem sollten die Fehlerquellen, die bei diesem Experiment schon identifiziert werden konnten, vermieden werden.

Ein weiterer Versuchsansatz wäre die Erhöhung der Reinigungen pro Woche. Somit könnte herausgefunden werden, ab welcher Anzahl von Reinigungen die Methoden effektiv sind. Zudem könnten noch andere Reinigungsmaßnahmen untersucht werden wie z.B. die Säuberung durch ein Kosmetiktuch oder durch die speziell für die Handyreinigung hergestellten Produkte.

In Anbetracht der Coronavirus-Epidemie wäre es zudem spannend, die Versuchsreihe weiterzuführen, um zu prüfen inwiefern die Maßnahmen zur Eindämmung der Virusübertragung auch das Vorkommen der Mikroben auf den Handydisplays beeinflussen.

Da das Handy zudem auf der Rückseite festgehalten werden muss, um es zu gebrauchen, sollte auch die Rückseite in die Reinigung mit einbezogen werden. Es könnte untersucht werden, ob dadurch ebenfalls das Vorkommen von Mikroorganismen auf dem Display vermindert werden kann.

Bei dem Experiment dieser Facharbeit handelte es sich nur um eine quantitative Untersuchung des Bakterienvorkommens. Diese könnte zu einer qualitativen Untersuchung ausgeweitet werden, in der die Mikroorganismen genau bestimmt werden. Anhand dieser Ergebnisse könnten zudem Rückschlüsse darauf gezogen werden, inwiefern die vorkommenden Mikroben als Pathogene fungieren können und welche Krankheiten häufig durch sie verursacht werden.

6. Fazit

Abschließend ist festzuhalten, dass Mikroorganismen als Pathogene dem Menschen schaden können, indem sie Krankheiten verursachen. Aus diesem Grund sollten Infektionen durch Mikroben möglichst vermieden werden. Da das Smartphone im Alltag für die Menschen sehr wichtig geworden ist, sollte auf dessen Display das Bakterienvorkommen möglichst gering sein. Um dieses zu erreichen, stellt sich die Frage nach einer effektiven Reinigungsmethode. Allgemein hemmen Desinfektionsmittel das Wachstum der Bakterien oder töten sie ab. Auch eine Dekontamination durch Wasser vermindert ihr Vorkommen erheblich. Dennoch gilt es zu prüfen, wie oft diese Maßnahmen angewendet werden sollten, sodass sie langfristig effektiv wirken, und ob ggf. noch weitere Maßnahmen nötig sind.

Die Ergebnisse des Experiments haben gezeigt, dass auf den Smartphones viele Mikroben zu finden sind, deren Anzahl möglichst gering gehalten werden sollte. Die Reinigung mit Wasser und mit Desinfektionstüchern an drei Tagen in der Woche konnte nicht als effektiv nachgewiesen werden. Dennoch haben die Ergebnisse gezeigt, dass vermutlich ein erhöhtes Hygieneverhalten im Zuge der Coronavirus-Epidemie das Vorkommen der Mikroben vermindern kann. Um dies zu bestätigen und weitere Aussagen über die Effektivität der verschiedenen Reinigungsmethoden treffen zu können, sind jedoch weiterführende Versuche notwendig.

Anmerkung:

Mir ist bewusst, dass diese Facharbeit den vorgegebenen Umfang von maximal 12 Seiten überschreitet. Ich habe gewissenhaft alle weiteren Möglichkeiten der Kürzung des Textes überprüft. Der jetzige Umfang ist meines Erachtens mindestens notwendig, um den Versuchsaufbau in seiner Form zu motivieren, die Ergebnisse zu interpretieren und die Auswertung zu begründen.

7. Anhang

7.1 Aufbau mikrobieller Zellen im Vergleich zu Zellen von höheren Organismen

Der grundlegende Aufbau mikrobieller Zellen ist dem der höheren Organismen sehr ähnlich. Sie besitzen ebenfalls DNA, RNA und den gleichen genetischen Code. Daher finden die grundlegenden Prozesse der DNA auf ähnliche Weise statt mit dem Unterschied, dass bei Mikroben keine Introns in der DNA enthalten sind. Außerdem enthalten beide Zellarten Ribosomen in unterschiedlichen Größen und eine Cytoplasmamembran. Jedoch sind Mikroorganismen den Prokaryoten zuzuordnen, da sie keine Kernmembran besitzen. Sie besitzen auch keinen GOLGI-Apparat und keine Mitochondrien, verwenden dennoch, wie höhere Organismen, Adenosintriphosphat als Energieträger.⁴¹

7.2 Größe und Form von Mikroorganismen

Die Größe der Bakterien ähnelt dem Richtwert von 1µm für die Größe der meisten Mikroorganismen. Teilweise wachsen sie auch bis zu einer Größe von 10µm. Es gibt jedoch einige Ausnahmen, die nur 0,2-0,5µm groß werden oder deren Größe 50µm übersteigt.⁴² Daher sind erst Kolonien von Bakterien für das menschliche Auge sichtbar.

Die Form der Mikroben wird durch den Aufbau ihrer Zellwände bestimmt. Die meisten Mikroorganismen haben eine coccoide, ovale oder stäbchenförmige Form, so auch viele Bakterienarten. Einige Bakterien sind gestielt, um besser an Glasoberflächen haften zu können, oder spiralförmig. Bakterien können sich auch kettenförmig aneinanderreihen und somit z.B. Streptokokken bilden.⁴³

7.3 Ernährungsklassen von Mikroorganismen

Es wird bei Mikroorganismen zwischen zwei grundlegenden Ernährungsklassen unterschieden. Die phototrophen Mikroorganismen verwenden Licht als Energiequelle und betreiben daher Photosynthese, wie beispielsweise Cyanobakterien. Chemotrophe Mikroorganismen bilden die andere Ernährungsklasse, da sie durch organische oder anorganische Verbindungen Energie gewinnen.⁴⁴

⁴¹ Gottschalk, a. a. O., S. 14.

⁴² Schön, Prof. Dr. G. (1999): Lexikon der Biologie - Bakterien. Heidelberg.

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bakterien/6844> (letzter Zugriff: 21.03.2020).

⁴³ Gottschalk, a. a. O., S. 14-15.

⁴⁴ Ebd., S.15.

7.4 Abiotischer Faktor Sauerstoff

Aerobe Mikroorganismen besitzen die Fähigkeit, Sauerstoff zu atmen. Mikroaerophile hingegen besitzen diese Fähigkeit nur eingeschränkt oder gar nicht und haben ggf. Enzyme, die gegen Sauerstoff empfindlich reagieren. Dennoch tolerieren sie Sauerstoffkonzentrationen, wenn sie niedriger als der Sauerstoffgehalt in der Luft sind. Viele aerobe Mikroorganismen sind fakultativ, sodass sie, abhängig von den gegebenen Umweltbedingungen, sowohl oxisch als auch anoxisch wachsen können.⁴⁵

Im Gegensatz zu den Aeroben können anaerobe Mikroorganismen keinen Sauerstoff atmen. Es wird zwischen aerotoleranten Anaeroben und obligaten Anaeroben unterschieden. Aerotolerante Anaerobe können den Sauerstoff zwar nicht atmen, tolerieren ihn aber dennoch. Obligate Anaerobe hingegen tolerieren keinen Sauerstoff und sind in dessen Gegenwart nicht überlebensfähig.⁴⁶

7.5 Bildung von Biofilmen

Es kommt zu einer Anhäufung verschiedener bakterieller Zellen, die eine mikrobielle Gemeinschaft bilden und von einer Matrix umschlossen werden. Durch diese Zusammenkunft haben die einzelnen Bakterien verschiedene Vorteile, wie z.B. einen stärkeren Widerstand gegen physikalische Kräfte, sodass sie besser haften. Zudem werden Zellen des Immunsystems und toxische Moleküle wie Antibiotika abgewehrt und es besteht eine verbesserte Kommunikation und ein intensiverer Austausch von Nährstoffen sowie genetischem Material.⁴⁷

7.6 Genmutationen und Neubildung von Genen aus DNA-Fragmenten

Genmutationen kommen extrem selten vor, da die Zellen ein effizientes DNA-Reparatursystem besitzen. Dennoch können spontane Mutationen oder durch äußere Einflüsse wie z.B. Strahlung oder Chemikalien verursachte Mutationen Veränderungen des Phänotyps hervorrufen. Dies bewirkt eine Veränderung der Eigenschaften der Bakterien. Sofern sich diese Mutationen dann durchsetzen können, werden sie an die nächsten Generationen der Population weiter vererbt. Die andere treibende Kraft der Evolution stellt die Neubildung von Genen aus Fragmenten dar. Dabei werden DNA-Fragmente aus der Umgebung aufgenommen und dienen dann den Bakterien als Nähr-

⁴⁵ Madigan u.a., a. a. O., S. 218.

⁴⁶ Ebd.

⁴⁷ Ebd., S. 575-578.

stoffe. Diese Übertragung von genetischem Material wird als Transformation bezeichnet und dient ebenfalls der Artenerhaltung, da beispielsweise Gendefekte durch das neue genetische Material kompensiert werden können. Durch die Konjugation können zudem Merkmale von einer Bakterienart auf die andere Art übertragen werden, sodass vorteilhafte genetische Informationen genutzt und verbreitet werden können.⁴⁸

7.7 Schädlichkeit von Pathogenen

Die verschiedenen Pathogene unterscheiden sich in ihrer Pathogenität, also in ihrer Schädlichkeit. Die Messung dieser Schädlichkeit wird als Virulenz bezeichnet. Auch die Wirte unterscheiden sich voneinander in Bezug auf die Empfindlichkeit bzw. Resistenz gegen Pathogene. Somit beeinflussen sich Pathogen und Wirt in ihrer Beziehung, neben den auf sie einwirkenden Umwelteinflüssen, auch gegenseitig, sodass weder die Virulenz eines Pathogens noch die Resistenz eines Wirtes durch einen konstanten Wert beschrieben werden kann.⁴⁹

7.8 Bakterielle Infektionskrankheiten

Beispiele für Infektionskrankheiten, die durch Bakterien als Pathogene verursacht werden sind Scharlach, Keuchhusten und Tuberkulose. Es gibt allerdings auch die Möglichkeit der Sekundärinfektion. Zunächst verursachen Viren als Pathogene Krankheiten wie eine Erkältung oder Grippe. Die Folgen dieser Krankheiten sind dann Schädigungen der Schleimhäute und Atemwegsorgane. Diese Schädigungen ermöglichen den Bakterien ein leichteres Eindringen in den Körper. Durch die Bakterien kann es dann zu einer Weiterentwicklung der Krankheiten kommen, sodass z.B. eine Nebenhöhlenentzündung, Bronchitis oder Lungenentzündung entsteht.⁵⁰

⁴⁸ Gottschalk, a. a. O., S. 207-215.

⁴⁹ Madigan u.a., a. a. O., S. 640-641.

⁵⁰ o.V. (o.A.): Wodurch werden Atemwegsinfektionen verursacht?. Köln-Ehrenfeld.

<https://www.infektionsschutz.de/infektionskrankheiten/krankheitsbilder/atemwegsinfektionen/> (letzter Zugriff: 22.03.2020).

Testgruppe B – Reinigung mit Wasser

Reinigung des Smartphones:

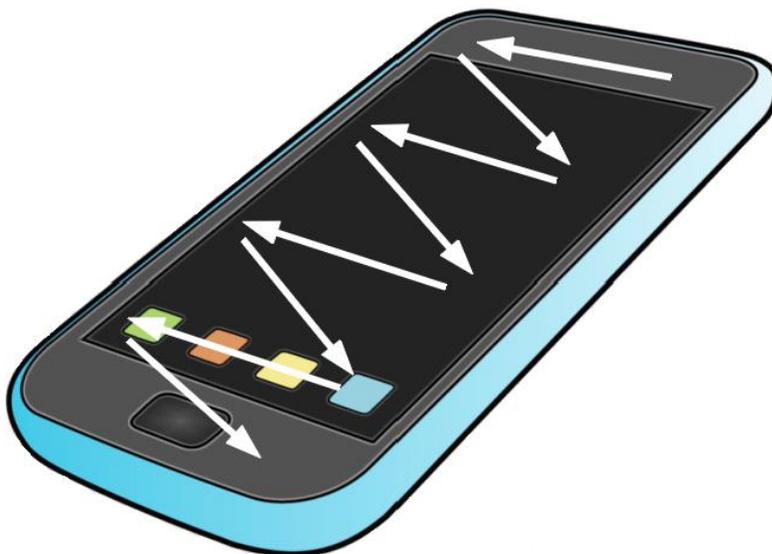
- Das erste beigelegte Tuch wird unter Wasser gehalten, bis es an allen Stellen nass ist und kann dann etwas ausgewrungen werden.
- Die Reinigung des Displays erfolgt mit dem nassen Tuch von oben nach unten, wie in der Abbildung zu sehen ist. Dieser Vorgang wird **zweimal** durchgeführt, damit das gesamte Display gründlich an allen Stellen gesäubert ist.
- Bei Bedarf kann das Display mit dem zweiten beigelegten Tuch getrocknet werden.

Die Reinigung wird an den folgenden Tagen der nächsten zwei Wochen durchgeführt:

Sonntag, Dienstag, Donnerstag

Freitags werden dann die Proben von dem Display entnommen.

Während der Versuchsreihe bitte keine anderen Reinigungsmaßnahmen anwenden!



Bildquelle: <https://banner2.cleanpng.com/20190530/cls/kisspng-feature-phone-smartphone-iphone-telephone-clip-art-5cef61978ae8e6.357691451559191959569.jpg> (Bild bearbeitet)

Testgruppe C – Reinigung mit Desinfektionstüchern

Reinigung des Smartphones:

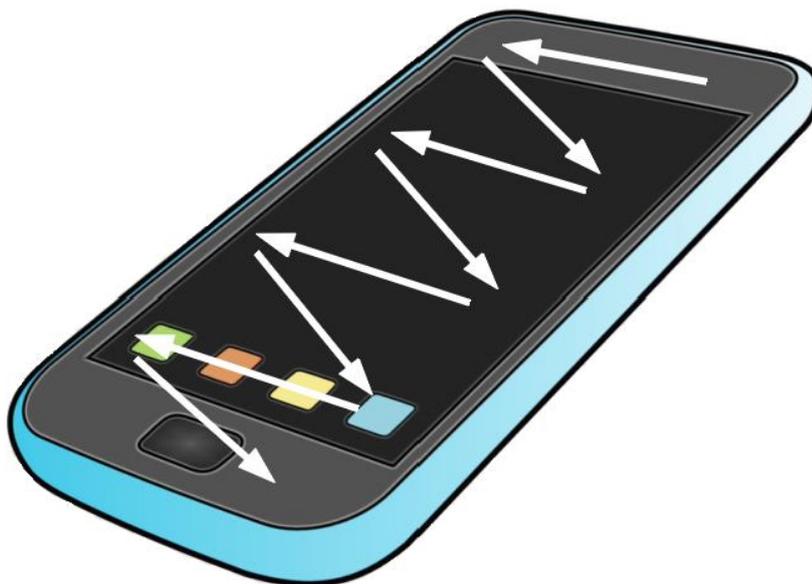
- Die Reinigung des Displays erfolgt mit einem der beigelegten Desinfektionstücher von oben nach unten, wie in der Abbildung zu sehen ist. Dieser Vorgang wird **zweimal** durchgeführt, damit das gesamte Display gründlich an allen Stellen gesäubert ist.
- Nachdem das Display abgewischt wurde, muss das Desinfektionsmittel **fünf Minuten einwirken**.

Die Reinigung wird an den folgenden Tagen der nächsten zwei Wochen durchgeführt:

Sonntag, Dienstag, Donnerstag

Freitags werden dann die Proben von dem Display entnommen.

Während der Versuchsreihe bitte keine anderen Reinigungsmaßnahmen anwenden!



Bildquelle: <https://banner2.cleanpng.com/20190530/cls/kisspng-feature-phone-smartphone-iphone-telephone-clip-art-5cef61978ae8e6.357691451559191959569.jpg> (Bild bearbeitet)

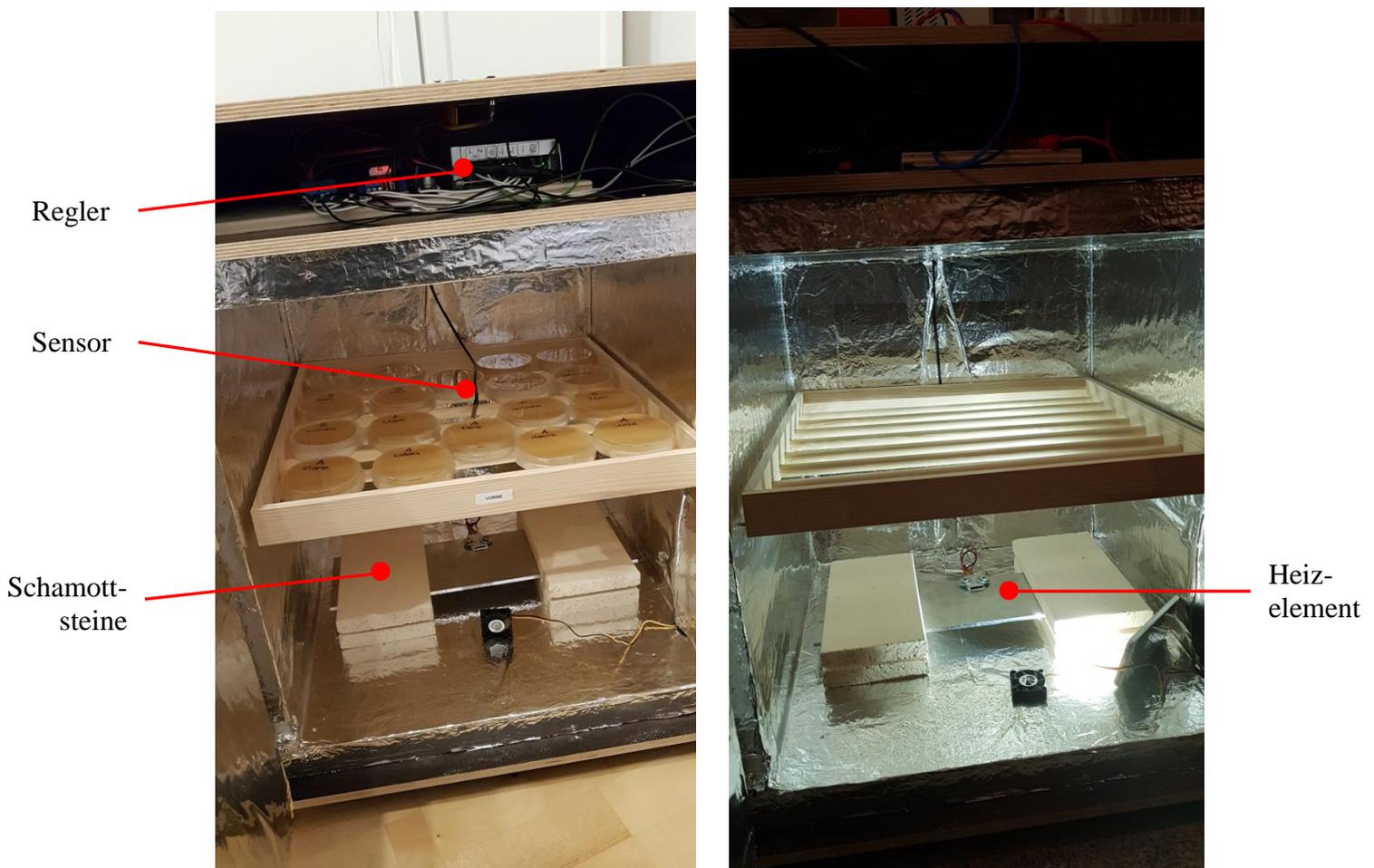
Bau des Inkubators

Das Ziel ist die Herstellung eines Gerätes, um die Innentemperatur über einen längeren Zeitraum möglichst konstant und einstellbar im Bereich zwischen 30-40 °C zu halten.

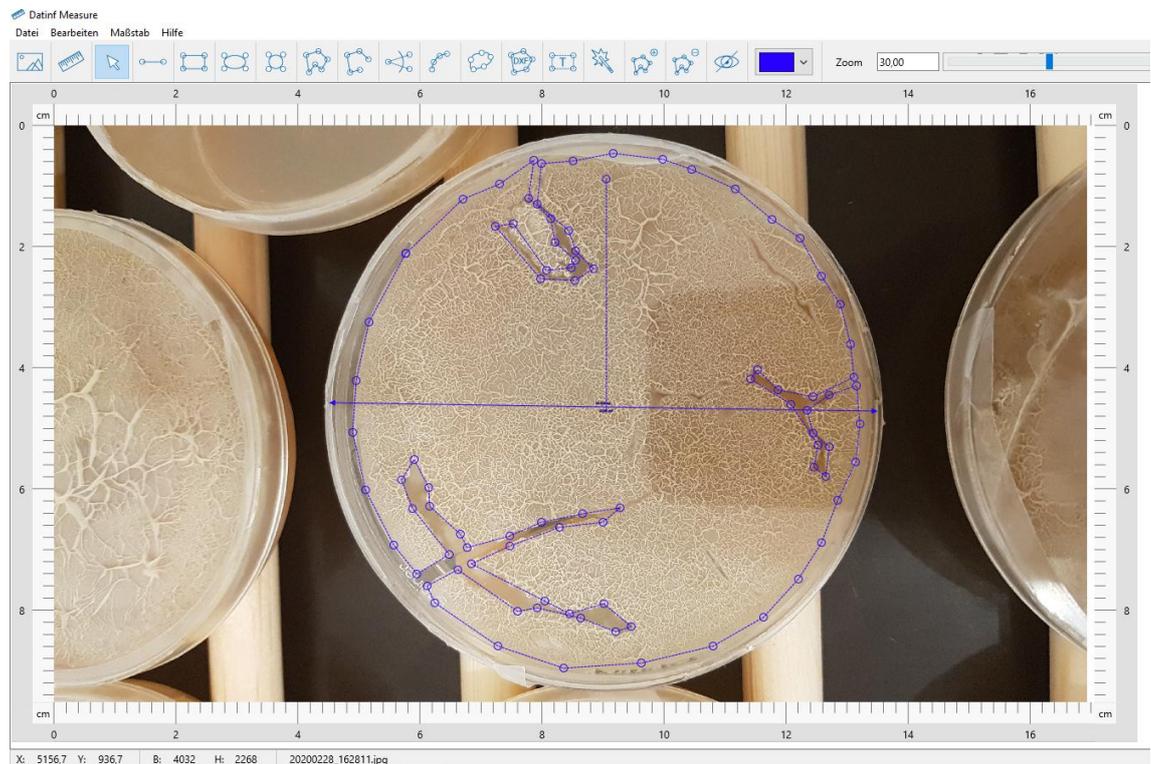
Der Inkubator besteht daher aus folgenden Komponenten:

- Gehäuse aus Multiplex-Sperrholz (Volumen: ca. 120 dm³)
- 40 mm dicke Wärmedämmung aus EPS
- PTC-Heizelement (30 Watt)
- Vier Schamottsteine
- PT 100-Temperaturfühler
- Mikrocontroller-gestützte PID-Regelung

Nach Inbetriebnahme wurde das Gerät kalibriert und erlaubt für diesen Versuch die dauerhafte Sicherstellung einer konstanten Innentemperatur von $35,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$.



Auswertung mit dem Programm „Datinf Messure“



X: 5156,7 Y: 936,7 B: 4032 H: 2268 20200228_162811.jpg

Gesamtfläche	Anzahl Objekte
51,96 cm ²	1
▲ Polygon	
Fläche	51,96 cm ²
Umfang	56,41 cm
Eckpunkte	87
Winkel	0,00 °

8. Literaturverzeichnis

Dechemax Schülerwettbewerb, 2017/18 – Pillen, Pulsschalge und Prothesen, Versuch Teil A – Unsichtbare Begleiter, URL:

https://dechemax.de/dechemax_media/Downloads/Wettbewerbe_Archiv/Wettbewerb2017/Versuche.pdf (letzter Zugriff 27.03.2020)

Gottschalk, G. (2015): Welt der Bakterien, Archaeen und Viren. Ein einführendes Lehrbuch der Mikrobiologie. WILEY-VCH (Weinheim).

Madigan, M., Martinko, J., Stahl, D. et al (2015): Brock Mikrobiologie Kompakt. Pearson (Halbergmoos), 13. Auflage.

Messelhäußer, U. (2010): Kultivierungsverfahren für Bakterien S.5-18 in: Busch, U. (Hg.): Molekularbiologische Methoden in der Lebensmittelanalytik (Berlin Heidelberg).

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2017): Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen in Nordrhein-Westfalen (RISU-NRW), I - 6.4 Schutzmaßnahmen.

o.V. (29.02.2020): Coronavirus in Deutschland – Zahl der Infizierten steigt weiter. Berlin. URL: <https://www.tagesschau.de/inland/coronavirus-deutschland-infektionen-103.html> (letzter Zugriff: 23.03.2020)

o.V. (02.03.2020): 130 Corona-Infizierte in Deutschland – Mehr Fälle und Pläne für Konjunkturpaket. Berlin. URL: <https://www.tagesschau.de/inland/coronavirus-fallzahlen-101.html> (letzter Zugriff: 23.03.2020)

o.V. (o.A.): Wodurch werden Atemwegsinfektionen verursacht?. Köln-Ehrenfeld. URL: <https://www.infektionsschutz.de/infektionskrankheiten/krankheitsbilder/atemwegsinfektionen/> (letzter Zugriff: 22.03.2020).

Schön, Prof. Dr. G. (1999): Lexikon der Biologie - Bakterien. Heidelberg. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bakterien/6844> (letzter Zugriff: 21.03.2020).

Schwarz, Priv.-Doz. Dr. E. (1999): Lexikon der Biologie – Bakteriophagen. Heidelberg.
URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bakteriophagen/6895> (letzter Zugriff:
22.03.2020).

9. Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt und die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe. Das Gleiche gilt auch für beigegebene Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen.