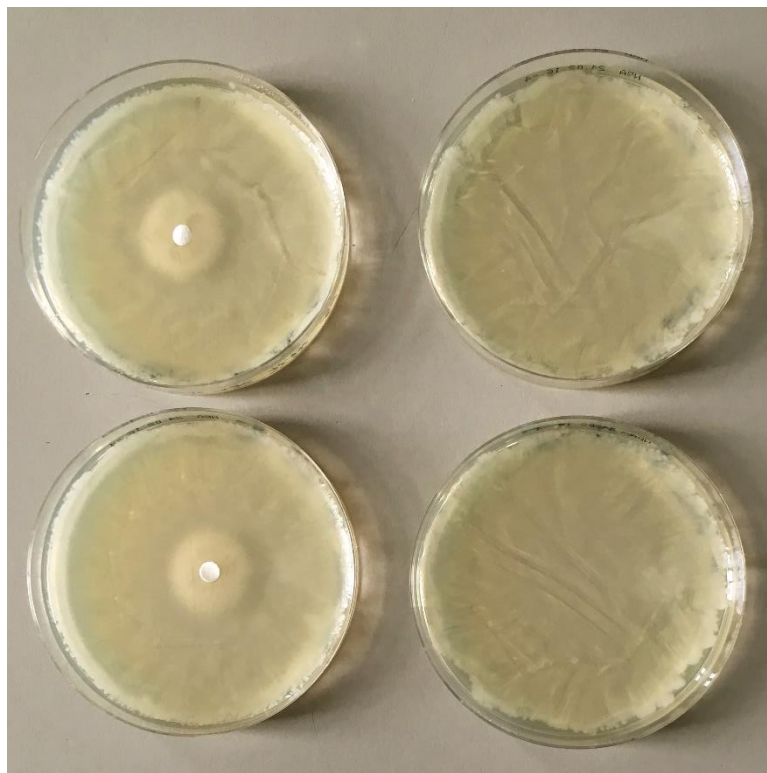


# Ingwersaft als natürliches Desinfektionsmittel

Versuche zur antibakteriellen Wirkung von Ingwersaft auf  
verschiedene Bakterienarten



**Maturaarbeit**  
**von Timo Läderach**  
**am Gymnasium Hofwil**

**Betreut durch Frau Christine Keller**

**2016**

# Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	- 1 -
2. Einleitung	- 1 -
3. Die Ausgangslage	- 2 -
3.1 Zingiber officinale	- 2 -
3.1.1 Grundinformationen	- 2 -
3.1.2 Das Rhizom	- 3 -
3.1.3 Inhaltsstoffe des Rhizoms	- 3 -
3.1.4 Wirkung der Inhaltsstoffe	- 3 -
3.2 Zu den Bakterien	- 4 -
3.2.1 Bacillus cereus	- 4 -
3.2.2 Escherichia coli	- 5 -
3.2.3 Micrococcus luteus	- 5 -
3.2.4 Pseudomonas aeruginosa	- 6 -
3.2.5 Salmonella enteritidis	- 6 -
3.2.6 Staphylococcus aureus	- 7 -
4. Der Saft im Fokus	- 7 -
4.1 Von der Knolle zum sterilen Saft	- 7 -
4.2 Der Weg zur Einzelkolonie	- 9 -
4.3 Koloniengrösse	- 10 -
4.4 Das erste Zusammentreffen von Saft und Bakterien	- 13 -
4.5 Das gleiche mit mehr Saft und weniger Bakterienarten	- 15 -
4.6 Wiederholung, nur noch steriler Saft	- 17 -
4.7 Hemmhöfe	- 18 -
5. Resultate	- 21 -
5.1 Von der Knolle zum Saft	- 21 -
5.2 Der Weg zur Einzelkolonie	- 22 -
5.3 Koloniengrösse	- 25 -
5.4 Das erste Zusammentreffen von Saft und Bakterien	- 26 -
5.4.1 Bacillus cereus	- 26 -
5.4.2 Escherichia coli	- 26 -
5.4.3 Micrococcus luteus	- 27 -
5.4.4 Pseudomonas aeruginosa	- 28 -

5.4.5 Salmonella enteritidis	- 28 -
5.4.6 Staphylococcus aureus	- 29 -
5.4.7 Die offenen Platten	- 30 -
5.5 Das Gleiche mit mehr Saft und weniger Bakterienarten	- 30 -
5.6 Wiederholung, nur noch steriler Saft	- 31 -
5.6.1 Kontrollplatten Saft	- 31 -
5.6.2 Bacillus cereus	- 32 -
5.6.3 Escherichia coli	- 33 -
5.6.4 Staphylococcus aureus	- 33 -
5.6.5 Hemmhöfe	- 34 -
6. Diskussion	- 36 -
6.1 Die fehlenden Bakterien in Versuch 1	- 36 -
6.2 Die Sterilität des Saftes	- 37 -
6.3 Keine Hemmung erkennbar	- 37 -
7. Fazit	- 38 -
8. Danksagung	- 38 -
9. Quellenverzeichnis	- 38 -
9.1 Bilder	- 38 -
9.2 Literatur	- 39 -
9.2.1 Bücher	- 39 -
9.2.2 Facharbeiten	- 39 -
9.2.3 Internetseiten	- 39 -
9.3 Tabellen	- 39 -

## 1. Zusammenfassung

Ingwer gilt als Hausmittel, dessen Anwendung sich vor allem gegen innere Beschwerden wie Bauchschmerzen richtet. In dieser Arbeit wurde das Potential von Ingwersaft untersucht, um diesen möglicherweise auch zur äusserlichen Anwendung als Desinfektionsmittel benutzen zu können. Frühere Arbeiten mit in einzelne Bestandteile zerlegten Saft zeigten vielversprechende Resultate. Es wurden verschiedene Versuche durchgeführt, bei denen der komplette Ingwersaft auf eine hemmende Wirkung auf verschiedene gram-positive und -negative Bakterienarten untersucht worden war. Es konnte jedoch bei keiner Art eine vom Saft ausgehende Hemmung festgestellt werden.

## 2. Einleitung

Ingwer, speziell das Rhizom des Ingwers, kennen wir alle. Die verwundene Knolle, welche ein wenig an eine Kartoffel erinnert, findet sich in praktisch jedem Supermarkt, wenn auch nur im Regal der „Exoten“. Der leicht stechende und würzige Duft mit einer leichten Citrusnote ist unverwechselbar. Bereits wenige Tropfen des Saftes oder fein geraspelte Flocken reichen, um einem Gericht eine Schärfe mit einer recht dominanten Ingwernote zu geben. Und genau diese stechende Schärfe bildet die Grundlage dieser Arbeit.

Ingwer gilt als breit einsetzbares Hausmittel. Vor allem gegen Übelkeit und Bauchschmerzen ist heisser Ingwertee als schnell wirkende Sofortmassnahme bekannt. Er wird aber auch bei Erkältungen und Appetitlosigkeit empfohlen. Hierfür spielt wiederum die Schärfe eine wichtige Rolle; zusammen mit weiteren Inhaltsstoffen sorgt sie für ein Wärmegefühl. Des Weiteren wird Ingwer im Orient seit vielen Jahrhunderten als stärkendes Mittel für die Manneskraft verwendet.

Auch aus wissenschaftlicher Sicht bildet Ingwer, beziehungsweise seine Inhaltsstoffe, eine interessante Forschungsgrundlage. Einige Arbeiten untersuchten das Potential von Ingwer als Medikament, andere entdeckten Anzeichen von antibakteriellen Wirkstoffen. Eigene Erfahrungen aus dem Unterricht im Zusammenhang mit Versuchen zur Resistenz von Bakterien auf Scharfstoffe weckten mein Interesse an der Wirkung von Ingwer auf Bakterien, insbesondere ob der Saft des Ingwers als Desinfektionsmittel verwendet werden kann.

Um das Potential als Desinfektionsmittel ermitteln zu können musste zuerst getestet werden, ob der Ingwersaft als Ganzes, ohne spezielle Extraktionsmethoden wie sie in Facharbeiten an Universitäten angewendet wurden, überhaupt eine antibakterielle Wirkung auf verschiedene Umweltkeime zeigt. Daraus wurde die folgende These aufgestellt:

**Ingwer besitzt eine antibakterielle Wirkung auf verschiedene grampositive- und negative Bakterienarten.**

Um diese These zu prüfen wurden verschiedene Versuche durchgeführt, in denen Ingwersaft in direktem Kontakt mit zwei bis sechs verschiedenen Bakterienkulturen stand um dessen Auswirkung auf das Wachstum der Bakterienkulturen zu testen.

### 3. Die Ausgangslage

#### 3.1 Zingiber officinale

##### 3.1.1 Grundinformationen

Als „Ingwer“ wird umgangssprachlich die Pflanzenart *Zingiber officinale* bezeichnet. Oft wird jedoch damit fälschlicherweise nur die Sprossachse, das sogenannte Rhizom gemeint. Das Rhizom ist aber nur ein Teil einer ganzen Pflanze, welcher zwischen den Wurzeln und dem Stängel unter der Oberfläche liegt (Abb. 1, die braunen Knollen). Dennoch konzentriert sich diese Arbeit im Folgenden, abgesehen von den Grundinformationen zur ganzen Pflanze, ausschliesslich auf das Rhizom von *Zingiber officinale*.

Nach ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW (04.08.2016) gliedert sich *Zingiber officinale* folgendermassen in die Systematik ein:



Klasse: Equisetopsida  
Unterklasse: Magnoliidae  
Überordnung: Liliales  
Ordnung: Zingiberales  
Familie: Zingiberaceae  
Gattung: Zingiber  
Art: *Z. officinale*

Ingwer gedeiht in den Tropen und Subtropen und wird hauptsächlich im asiatischen Raum, aber auch in Südamerika und in Ländern wie Frankreich und Australien angebaut. Wo die Pflanze ursprünglich her kommt, ist nicht sicher geklärt. Sri Lanka oder die Pazifischen Inseln werden als wahrscheinliche Heimat angesehen. Im deutschen Sprachraum ist Ingwer seit dem 9. Jahrhundert ein Begriff. (vgl. WIKIPEDIA, INGWER, 04.08.2016)

Abbildung 1: Darstellung der Ingwerpflanze

### 3.1.2 Das Rhizom

Ingwer wird vor allem in der Küche und in der (pflanzlichen) Medizin verwendet. Für diese Bereiche ist jedoch ausschliesslich das Rhizom der Pflanze von Bedeutung. Alle Inhaltsstoffe wie ätherische Öle oder die für den typischen Geschmack verantwortlichen *Gingerole* werden im Rhizom gebildet und gespeichert.



Abbildung 2: Ingwerrhizom

Das Ingwerrhizom ist von einer faserigen braun-grauen Haut umgeben, die teilweise bis in das Innere des Rhizoms reicht. Es kann leicht bis stark verzweigt und verwunden sein. Wie bereits erwähnt, befindet sich das Rhizom zwischen Wurzel und Blütenstand der Pflanze und wächst in der Erde.

Das Innere des Rhizoms ist gelblich. Der austretende Saft riecht stechend scharf und kann zur Reizung von Augen und Luftröhre führen (Tränen und Husten als Folge). Der Geruch ist unverwechselbar und hat eine leichte Citrusnote.

### 3.1.3 Inhaltsstoffe des Rhizoms

In einer Arbeit im Jahr 2013 untersuchten MESOMO ET AL. mittels CO<sub>2</sub>-Extraktionen (supercritical und gasförmig), Hydrodestillation und anschliessenden chromatographischen Verfahren die chemische Zusammensetzung des Rhizoms von *Ziniger officinale*. Folgende Ausführungen beziehen sich auf diese Arbeit. Die Extraktionsmethode beeinflusste massgeblich die relative Menge an gewonnenen Stoffen. Dabei wurde festgestellt, dass sich bei der Methode des Supercritical CO<sub>2</sub> höhere Temperaturen und Druck positiv auf die Menge der extrahierten Stoffe auswirkten und sich durch Hydrodestillation vor allem die ätherischen Öle aus dem Rhizom extrahieren liessen. Folgende Substanzen (wobei einige auch ätherische Öle sind) wurden mit der Supercritical CO<sub>2</sub> Methode am meisten extrahiert (in absteigender Quantität): *α-Zingiberen*, *β-Sesquiphellandren*, *α-Curcumen*, *α-Farnesen*, und *β-Bisabolen*. Folgende ätherischen Öle wurden durch Hydrodestillation extrahiert: *α-Curcumen*, *β-Bisabolen*, *Geranial* und *Camphen*. Nicht erwähnt wurden die Scharf- und Geschmacksstoffe aus den *Gingerolen* und *Shagaolen*. Dies liegt höchstwahrscheinlich daran, dass diese Stoffe durch die hohen Temperaturen während den Extraktionsverfahren denaturierten.

### 3.1.4 Wirkung der Inhaltsstoffe

Die Wirkung von Ingwer wurde bereits vielseitig untersucht. Er gilt als Naturheilmittel, welches vor allem bei Beschwerden im Magen-Darm-Trakt eingenommen wird. Dabei wird Ingwer meist in Form eines Infuses konsumiert, wobei Stücke eines frischen Rhizoms mit heissem Wasser

übergossen werden. Die enthaltenen Scharfstoffe lösen eine innere Wärme aus, welche Bauchschmerzen reduziert. Des Weiteren sollen die Gingerole laut MEDICONSULT.DE/INGWER (07.08.2016) prophylaktische Wirkungen gegen Krebs besitzen und gegen Entzündungen wirken.

Antibakterielle Wirkungen wurden ebenfalls entdeckt. So untersuchten MESMO ET AL. (2013) die Reaktion von verschiedenen Bakterienarten auf die in der oben erwähnten Arbeit produzierten Extrakte. Dabei wurde festgestellt, dass die Extrakte aus der CO<sub>2</sub>-Extraktionsmethode keine hemmende Wirkung auf gram-negative Bakterien besitzen, jedoch bei gram-positiven Arten Hemmhöfe zwischen 10mm-20mm Durchmesser zeigen. Die durch Hydrodestillation gewonnenen ätherischen Öle wirkten auch auf gram-negative Bakterien hemmend, jedoch bedeutend weniger stark als auf gram-positive. Weiter zu erwähnen ist, dass *E.coli* gegen alle Extrakte resistent war.

In einer Arbeit aus dem Jahre 2014 von CHAKRABORTY ET AL. wurden Ingwerrhizome in Ethanol, Methanol, Aceton und Wasser eingelegt und die entstandene Lösung anschliessend gefiltert. Es wurden die antibakteriellen Wirkungen auf sechs Bakterienarten, welche gram-positiv und gram-negativ und gegen weit verbreitete Antibiotika resistent waren, getestet. Durch das verwendete Lösungsmittel und die entstandenen Hemmhöfe konnte festgestellt werden, dass die eher polaren Bestandteile des Ingwerrhizoms eine grössere Hemmung auf das Wachstum von gram-positiven Bakterien besitzen, die eher unpolaren Bestandteile eine grössere Hemmung auf das Wachstum von gram-negativen Bakterien.

### 3.2 Zu den Bakterien

Alle verwendeten Bakterienarten leben in der Umwelt des Menschen und können verschiedene Infektionen auslösen. Daher können anhand der von den Bakterien gezeigten Reaktionen Trends zu einer allfälligen Tauglichkeit von Ingwersaft als Desinfektionsmittel formuliert werden.

#### 3.2.1 *Bacillus cereus*

*Bacillus cereus* ist ein gram-positives und fakultativ-anaerobes Bakterium. Es gehört zur Familie der *Bacillaceae*. Es wächst stäbchenförmig, wobei die Stäbchen zwischen 1.0 bis 1.2 µm breit und 3.0 bis 5.0 µm lang sind und Sporen bilden. Auffälligstes Merkmal von *B. cereus* sind die grossen Kolonien. Sie können bis zu 7mm Durchmesser aufweisen. Des Weiteren können sich die Zellen von *B. cereus* auf Nährböden bewegen, wodurch es sich als sehr schwierig gestaltet, Einzelkolonien zu züchten. Die Kolonien sind matt-grau bis



Abbildung 3: *Bacillus cereus* auf Blutagar



gelblich. Der Name „cereus“ rührt von der an Wachs erinnernden Oberfläche des Bakteriums und ist Lateinisch für „wachsartig“. *B. cereus* gedeiht in Lebensmitteln wie z.B. Milch. Es kann u.a. Durchfall verursachen. (vgl. DE VOS ET AL. 2009).

### 3.2.2 Escherichia coli

*Escherichia coli*, welches auch „Kolibakterium“ genannt wird, ist ein gram-negatives und fakultativ-anaerobes Bakterium. Es gehört zur Familie der *Enterobacteriaceae*. Es wächst in Stäbchen, welche zwischen 1.1 und 1.5 µm breit und 2.0 bis 6.0 µm lang sind und keine Sporen bilden. Kolonien von *E. coli* sind farblos- bis gelblich-glänzend. Der Name der Gattung „Escherichia“ stammt vom Arzt T. Escherich, welcher diese als erster beschrieb. „Coli“ ist der lateinische Name für einen Teil des Dickdarmes, welcher von *E. coli* besiedelt ist. Viele Stämme von *E. coli* sind Teil der Darmflora und dementsprechend nicht krankheitserregend. Es existieren aber auch zahlreiche pathogene Stämme, welche für eine Vielzahl an Infektionskrankheiten verantwortlich sind. *E. coli* gilt als eine der meist erforschten Bakterienarten überhaupt (vgl. WIKIPEDIA, ESCHERICHIA COLI, 10.08.2016).

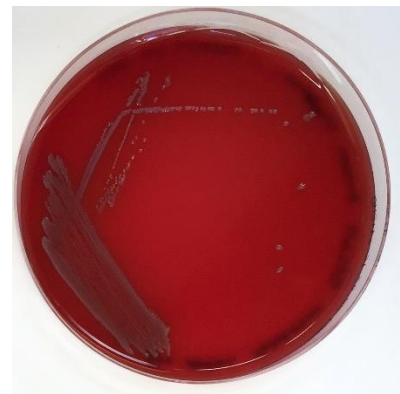


Abbildung 4: *Escherichia coli* auf Blutagar

### 3.2.3 Micrococcus luteus

*Micrococcus luteus* ist eine gram-positive und aerob lebende Bakterienart, von der drei Biovare existieren. Welcher dieser Biovare (I-III) in dieser Arbeit verwendet wurde, wurde nicht bestimmt. *M. luteus* gehört zu Familie der *Micorococcaceae*. Die einzelnen Zellen des Bakteriums sind rund (sogenannte Kokken), sie hängen jedoch oft auf Grund der Zellteilung mit weiteren Zellen zu Tetraden zusammen. Kolonien von *M. luteus* sind auffällig gelbfarben, wobei der Farbton auch leicht grünlich sein kann. Weiter gibt es



Abbildung 5: *Micrococcus luteus* auf Blutagar



Stämme, welche einen violetten Farbstoff produzieren, der in das Nährmedium diffundiert. Von der gelben Färbung leitet sich der Name „luteus“ ab, welcher lateinisch für goldgelb steht. *M. luteus* lebt natürlicherweise auf der Haut der Extremitäten des Menschen (vgl. GOODFELLOW ET AL. 2012).

### 3.2.4 *Pseudomonas aeruginosa*

*Pseudomonas aeruginosa* ist eine Bakterienart aus der Familie der *Pseudomonadaceae*. Die Bakterien dieser Art sind gram-negativ und leben aerob. Sie bilden Stäbchen von 2-4 µm Grösse aus, auf deren Oberfläche Haftfimbrien wachsen und Saccharidmoleküle angelagert sind, welche zur Haftung an Oberflächen, bzw. zum Schutz der Zelle vor Phagozyten und Antikörpern dienen. Auf einem Agar-Nährmedium produzieren die Bakterien einen für *P. aeruginosa* typischen angenehm süsslichen Duft. Der Name „aeruginosa“ leitet sich von der lateinischen Bezeichnung für Grünspan ab und beschreibt die Farbe des, bei mit dem Bakterium infizierten Wunden, austretenden Eiters. *P. aeruginosa* gilt auf Grund seiner Resistenzen gegen Antibiotika als weit verbreiteter und gefährlicher Krankenhauskeim, der u.a. Infektionen von Brandwunden oder Harnwegen auslösen kann (vgl. WIKIPEDIA, PSEUDOMONAS AERUGINOSA, 10.08.2016).



Abbildung 6: *Pseudomonas aeruginosa* auf Blutagar

### 3.2.5 *Salmonella enteritidis*

*Salmonella enteritidis* ist einer der Auslöser der Infektionskrankheit Salmonellose („man hat Salmonellen“), welche sich mit starkem Brech-Durchfall und Krämpfen im Magen-Darm-Trakt äussert. Die Art gehört, wie auch *E. coli*, zur Familie der *Enterobacteriaceae*. Die Bakterienzellen sind stäbchenförmig und können sich aktiv durch Geisseln bewegen, wobei die Stäbchen von einer Länge von 2-5 µm und einer Breite von 0.7-1.5 µm sind. S.



Abbildung 7: *Salmonella enteritidis* auf Blutagar

*enteritidis* ist gram-negativ und fakultativ anaerob. Sporen werden keine gebildet. Wie oben bereits erwähnt, ist die Art, bzw. die Gattung eng mit der Gattung von *Escherichia* verwandt (vgl. WIKIPEDIA, SALMONELLEN, 10.08.2016).

### 3.2.6 *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* bildet Zellen in Form von Kokken (Kügelchen) von einem Durchmesser von 0.5-1.0  $\mu\text{m}$ , welche einzeln, in Paaren oder Haufen vorkommen und unbeweglich sind. Sie sind gram-negativ und bilden keine Sporen. *S.aureus* gehört zur Familie der *Staphylococcaceae*. Der Name „aureus“ rührt von der gold-gelblichen Farbe, welche die glänzenden und transparenten Kolonien haben. *Aureus* und weitere Arten der Gattung *Staphylococcus* lösen viele verschiedene Infektionskrankheiten aus, wobei bei *S.aureus* auch äussere Infektionen (z.B. der Haut) auftreten können. Diese Arten gelten daher als ernsthafte Pathogene (vgl. DE VOS ET AL. 2009).



Abbildung 8: *Staphylococcus aureus* auf Blutagar

## 4. Der Saft im Fokus

### 4.1 Von der Knolle zum sterilen Saft

Verwendete Materialien:

- Kennwood Chef Küchenmaschine mit Entsaftungsaufsatz
- Küchenmesser
- Schneidbrett
- Trinkglas Durchmesser 10 -15 cm
- Teller
- Messbecher 1 l
- Glasflasche mit Bügelverschluss
- Ethanol 70 %
- Haushaltspapiertücher
- Sarsted 50 ml Tube steril
- Erlenmeyerkolben 500 ml steril
- Filterpapier
- Trichter
- Nutsche mit Rundfilter

- Dichtring
- Saugflasche
- Spritze 100 ml
- Sterilfilter 0.22 µm
- Eppendorf Tube 1 ml steril
- Ingwerrhizom ca. 60 g aus Lebensmittelgeschäft

Methoden:

- Entsaftung
- Filtration
- Sterilisation durch Filtration

Das Ingwerrhizom wurde geschnitten und mittels Entsafter zu Saft verarbeitet. Dieser wurde durch einen Sterilfilter sterilisiert und für die weitere Verwendung aufbereitet.

Der Entsaftungsansatz wurde nach Gebrauchsanweisung des Herstellers auf die Küchenmaschine aufgesetzt (vgl. *Abb. 9*, nächste Seite). Für die Gewinnung des Saftes für die Versuche 2, 3 und 4 wurde die komplette Apparatur mit 70% Ethanol benässten Haushaltspapiertüchern abgewischt, bei der Saftgewinnung für den ersten Versuch wurde auf diesen Schritt verzichtet.

Das Ingwerrhizom wurde mit einem Küchenmesser auf einem Schneidbrett in 1-2 cm dicke Scheiben geschnitten und auf einen Teller gelegt. Für die Gewinnung des Saftes für die Versuche 2, 3 und 4 wurden die geschnittenen Scheiben kurz in 70% Ethanol in einem Trinkglas getunkt und anschliessend mit Haushaltspapiertüchern abgetrocknet und auf einen zuvor mit 70% Ethanol gereinigten Teller gelegt. Bei der Saftgewinnung für den ersten Versuch wurde auf diesen Schritt verzichtet.

Die Scheiben des Ingwerrhizoms wurden in den Schacht des Entsafters gegeben. Der Entsaftungsvorgang wurde auf Geschwindigkeitsstufe 1 durchgeführt. Bei der Saftgewinnung für Versuch 1 wurde der produzierte Saft mittels eines 1 l Messbechers aufgefangen und in eine Glasflasche mit Bügelverschluss überführt. Bei der Gewinnung des Saftes für die Versuche 2, 3 und 4 wurde der Saft direkt von dem Auslauf des Entsaftungsansatzes in ein steriles 50 ml Sarsted Tube überführt. Die Glasflasche, bzw. das Sarsted Tube wurden im Kühlschrank möglichst erschütterungsfrei gelagert, um eine Sedimentation der festen Bestandteile zu erreichen.



Abbildung 9: Entsaftungsansatz auf Kenwood Küchenmaschine

Der jeweilige Behälter mit dem Saft wurde ungekühlt in das Labor transportiert. Die Sterilisation wurde unmittelbar vor dem jeweiligen Versuch durchgeführt. Der Saft wurde zuerst filtriert. Dazu wurde der Saft bei Versuch 1,2 und 3 durch einen Trichter, in den ein Filterpapier gelegt wurde, in einen sterilen 500 ml Erlenmeyerkolben überführt. Bei Versuch 4 wurde der Saft zur Beschleunigung des Filtrervorganges in eine Nutsche mit Rundfilter gegeben und in eine Saugflasche abgenutscht (vgl. Abb. 10). Der filtrierte Saft wurde anschliessend in eine 100 ml Spritze aus Kunststoff gefüllt. Auf die Spitze der Spritze wurde ein Sterilfilter mit einer Porengrösse von 0.22 µm der Marke Biofil geschraubt. Der entstandene sterile Saft wurde direkt vom Filterausgang in ein steriles 1 ml Eppendorf Tube gegeben. Der Filter wurde gewechselt, sobald nur noch mit relativ grosser Krafteinwirkung auf die Spritze Flüssigkeit aus dem Filter trat. Für jeden neuen Filter wurde auch ein neues 1 ml Eppendorf Tube verwendet. Pro Filter konnten in der Regel knapp 0.5 ml Saft filtriert werden.



*Abbildung 10: Saugflasche mit Nutsche; darin filtrierter Ingwersaft; auf der linken Seite der Schlauch zum Wasserstrahl, damit in der Falsche Unterdruck erzeugt werden konnte*

Die 1 ml Eppendorf Tubes mit dem sterilen Ingwersaft wurden ungekühlt bis zur Verwendung gelagert.

#### 4.2 Der Weg zur Einzelkolonie

Verwendete Materialien:

- 6 NBA Platten
- 6 Blutagar Platten
- Impföse
- Bunsenbrenner
- Brutschrank 37°C
- Kühlschrank 4°C
- Reinkulturen auf Blutagar der folgenden Bakterienarten:
  - Bacillus cereus

- Escherichia coli
- Micrococcus luteus
- Pseudomonas aeruginosa
- Salmonella enteritidis
- Staphylococcus aureus

Methode:

- 3-Ösen-Ausstrich

Aus den verschiedenen Bakterienkulturen wurde durch einen 3-Ösen-Ausstrich Einzelkolonien gezüchtet.

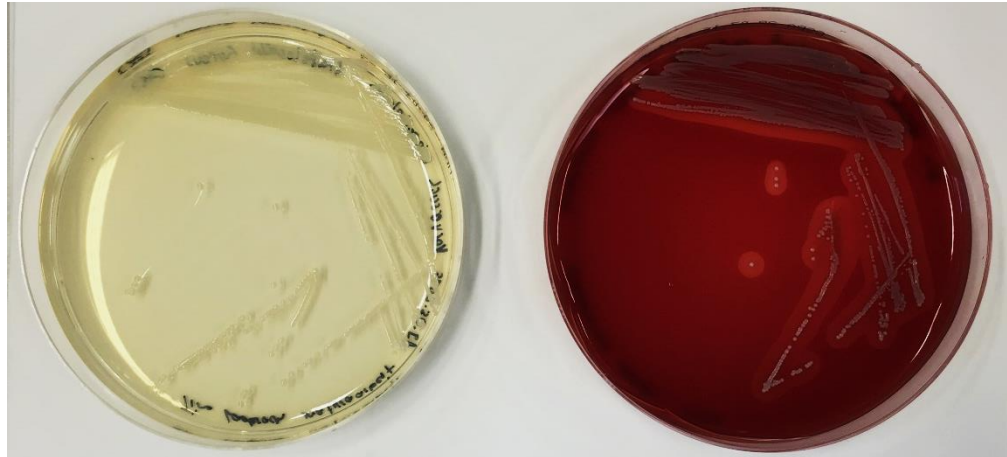


Abbildung 11: 3-Ösen-Ausstrich auf NBA (links) und Blutagar (rechts) von *Staphylococcus aureus*

Die Impföse wurde über der Flamme des Bunsenbrenners ausgeglüht. Anschliessend wurde die Impföse unmittelbar unter der Flamme gehalten, um auszukühlen. Es wurde an einer Stelle ohne Bakterienwuchs getestet, ob die Öse genügend abgekühlt ist (kein Zischen mehr hörbar). Danach wurde eine kleine Menge Bakterienmaterial vom Blutagar-Nährmedium geschabt und mit einem 3-Ösen-Ausstrich auf eine NBA Platte ausgestrichen. Dieser Vorgang wurde mit der gleichen Bakterienart wiederholt, jedoch wurde der 3-Ösen-Ausstrich auf einer Blutagarplatte durchgeführt. Für jede weitere Bakterienart wurde je ein 3-Ösen-Ausstrich auf eine NBA und eine Blutagar Platte durchgeführt. Sämtliche Platten wurden über Nacht bei 37°C im Brutschrank inkubiert. Am folgenden Tag wurden die folgenden Versuche durchgeführt. Nach der Inkubation von einer Nacht bei 37°C wurden die Platten bei 4°C gelagert.

Der 3-Ösen-Ausstrich wurde vor jedem Versuch wiederholt, um frische Einzelkolonien zu züchten. Bei den weiteren Wiederholungen wurde jedoch nur eine NBA Platte ausplattiert. Wird in den folgenden Versuchen auf den 3-Ösen-Ausstrich verwiesen, ist nur dieser Teil gemeint.

#### 4.3 Koloniengrösse

Verwendete Materialien:

- 12 NBA Platten
- PBS Lösung steril
- Eppendorf Tubes 1 ml steril

- Impföse
- Bunsenbrenner
- Vortex
- Pipetman Pipette P1000
- Pipetman Pipette P200
- Pipetman Pipette P20
- Pipettenspitzen steril
- Ethanol 70 % in Glasbehälter mit ca. 10-15 cm Durchmesser
- 2x Drigalski Spatel
- Brutschrank 37°C
- Filzstift
- 3-Ösen-Ausstriche der folgenden Bakterienarten auf NBA Platten:
  - Bacillus cereus
  - Escherichia coli
  - Micrococcus luteus
  - Pseudomonas aeruginosa
  - Salmonella enteritidis
  - Staphylococcus aureus

Methoden:

- Verdünnungsreihen
- Ausplattieren
- Auszählen

Die verschiedenen Bakterienarten wurden in Vorversuchen und als Vorbereitung für die Versuche 1-3 durch Verdünnungsreihen auf eine auf den NBA Platten gut zählbare Anzahl Zellen reduziert.

Es wurden in sechs sterile Eppendorf Tubes mittels Pipetman Pipette P1000 je 1 ml sterile PBS Lösung vorgelegt. Weiter wurden in zwölf Eppendorf Tubes ebenfalls mit der Pipetman Pipette P1000 je 990 µl sterile PBS Lösung vorgelegt.

Für die Verdünnungsreihe wurden folgende Mengen der jeweiligen Bakterienkolonien bestimmt, welche in die Eppendorf Tubes mit 1 ml steriler PBS Lösung gegeben wurden:

- Bacillus cereus: 1/8 einer Kolonie
- Escherichia coli: 1 Kolonie
- Micrococcus luteus: 5-7 Kolonien
- Pseudomonas aeruginosa: 1-2 Kolonien
- Salmonella enteritidis: 1 Kolonie
- Staphylococcus aureus: 1 Kolonie

Die entstandene Lösung wurde anschliessend in den weiteren Schritten verdünnt.

Die Impföse wurde über der Bunsenbrennerflamme ausgeglüht und anschliessend unmittelbar unter der Flamme auskühlen gelassen. Auf einer Stelle der NBA Platte ohne Bakterienbewuchs wurde getestet, ob die Öse genügend ausgekühlt ist (kein Zischen mehr hörbar). Dann wurde die vorher festgelegte Menge an Kolonien der jeweiligen Bakterienart (siehe oben) vom



Nährboden geschabt und in das Eppendorf Tube mit 1 ml steriler PBS Lösung gegeben. Das Eppendorf Tube wurde mit den Initialen der jeweiligen Bakterienart und mit der Ziffer 1 (Grad der Verdünnung) beschriftet. Der Inhalt des Eppendorf Tubes wurde mittels Vortex gerührt, bis keine Klumpen mehr im Gemisch erkennbar waren. Dieses Gemisch bildete die unverdünnte Grundlage, welche in weiteren Schritten verdünnt wurde. Aus dem Gemisch wurden mit der Pipetman Pipette P20 10 µl in ein steriles Eppendorf Tube mit 990 µl vorgelegter steriler PBS Lösung pipettiert. Das neu entstandene Gemisch bildete eine 100fache Verdünnung. Das Eppendorf Tube wurde mit den Initialen der jeweiligen Bakterienart und der Ziffer  $10^{-2}$  (Grad der Verdünnung) beschriftet. Das Gemisch wurde kurz auf dem Vortex gerührt. Aus dem Gemisch wurden erneut 10 µl in ein steriles Eppendorf Tube mit 990µl vorgelegter steriler PBS Lösung pipettiert. Es lag nun eine  $10^4$ fache Verdünnung vor. Das Eppendorf Tube wurde mit den Initialen der jeweiligen Bakterienart und der Ziffer  $10^{-4}$  (Grad der Verdünnung) beschriftet. Auch dieses Eppendorf Tube wurde kurz auf dem Vortex gerührt.

Die beiden Drigalskispatel wurden in 70% Ethanol eingelegt. Die Eppendorf Tubes mit den Gemischen mit der 100fachen und der  $10^4$ fachen Verdünnung wurden noch einmal kurz auf dem Vortex gerührt. Anschliessend wurde mittels der Pipetman Pipette P200 100 µl der 100fachen Verdünnung auf eine NBA Platte pipettiert. Es wurde eine neue sterile Pipettenspitze aufgesteckt und von der  $10^4$ fachen Verdünnung 100 µl auf eine weitere NBA Platte gegeben. Durch diesen Schritt nimmt die jeweilige Verdünnung um den Faktor 10 zu. Daraus resultieren eine 1000fache und eine  $10^5$ fache Verdünnung auf der NBA Platte. Nun wurde einer der beiden in Ethanol eingelegten Drigalskispatel kurz über die Flamme des Bunsenbrenners gehalten, damit sich das Ethanol entzündet. Sobald keine Flamme mehr erkennbar war, wurde das Gemisch mit der 100fachen Verdünnung ausplattiert. Anschliessend wurde der Drigalskispatel wieder in das Ethanolbad gelegt und der Vorgang mit dem anderen Drigalskispatel und der  $10^5$  Verdünnung wiederholt.

Die beiden NBA Platten wurden mit dem Datum, dem Namen der Bakterienart, der Ziffer der Verdünnung ( $10^{-3}$  oder  $10^{-5}$ ) und dem Namen des Forschers beschriftet und während ca. 20 h im Brutschrank bei 37°C inkubiert.

Das Vorgehen wurde für jede Bakterienart wiederholt.

Nach der Inkubationszeit wurden die Platten mit den verschiedenen Verdünnungen der jeweiligen Bakterien ausgezählt. Hierfür wurden die Platten je nach Bakterienart auf dem Boden mit einem Filzstift in zwei oder vier Sektoren geteilt. Es wurde jeweils nur ein Sektor ausgezählt und die Anzahl auf die ganze Platte hochgerechnet. Auf Grund der Resultate wurde die für die Versuche 1, 2 und 3 zu verwendende Verdünnung festgelegt. Diese lag bei allen Bakterienarten bei einer  $10^5$ fachen Verdünnung, ausser bei



*Pseudomonas aeruginosa*. Bei dieser Art wurde in den Versuchen 1, 2 und 3 eine 10'000fache Verdünnung verwendet.

Für den Versuch 1 wurde die Verdünnungsreihe wie oben beschrieben durchgeführt. Für die Versuche 2 und 3 wurde anstelle der sterilen PBS Lösung eine sterile LB Lösung verwendet, der Rest wurde auch wie oben beschrieben vollzogen. Weiter wurde bei der Bakterienart *Pseudomonas aeruginosa* anstatt 10 µl der 100fachen Verdünnung in 990 µl sterile PBS, bzw. LB Lösung pipettiert, sondern 100 µl in 900 µl sterile PBS, bzw. LB Lösung. Somit lag im letzten Eppendorf Tube 1 ml einer 1000fachen Verdünnung vor, woraus 100 µl ausplattiert wurden. Daraus wurde die für die Versuche verwendete 10'000fache Verdünnung erreicht.

#### 4.4 Das erste Zusammentreffen von Saft und Bakterien

Zur einfacheren Verwendung wird dieser Versuch als „Versuch 1“ beschrieben.

Material:

- 38 NBA Platten
- 2,5 ml Ingwersaft steril in Eppendorf Tube
- Ethanol 70 % in Glasbehälter mit ca. 10-15 cm Durchmesser
- 2x Drigalskispatel
- Bunsenbrenner
- Pipetman Pipette P200
- Pipettenspitzen steril
- Brutschrank 37°C
- Bakterienkultur Verdünnung  $10^{-4}$  in steriler PBS Lösung in Eppendorf

Tube:

- Bacillus cereus
- Escherichia coli
- Micrococcus luteus
- Salmonella enteritidis
- Staphylococcus aureus
- Bakterienkultur Verdünnung  $10^{-3}$  in steriler PBS Lösung in Eppendorf

Tube:

- Pseudomonas aeruginosa

Methoden:

- Entsaftung
- Filtration
- Sterilisation durch Filtration
- Verdünnungsreihen
- Ausplattieren
- Untersuchung auf Hemmung
- Auszählen

Auf NBA  
Platten wurde  
vorgängig  
Ingwersaft  
ausplattiert.  
Anschließend  
wurde die  
Platte mit  
Bakterien  
beimpft. Nach  
der Inkubation  
wurde die  
Kultur auf eine  
Hemmung  
durch den Saft  
untersucht.

Der Ingwersaft wurde wie unter 4.1 beschrieben aufbereitet (siehe Seite 7). Die beiden Drigalskispatel wurden in ein 70%-Ethanol Bad gelegt. Es wurden jeweils auf drei Platten hintereinander mit der gleichen Pipettenspitze 100 µl Saft pipettiert. Dann wurde einer der beiden Spatel kurz über die Bunsenbrennerflamme gehalten, damit sich das Ethanol entzündet. Es wurde gewartet, bis die Flamme komplett erloschen ist. Nun wurde der Saft auf der ersten Platte ausplattiert. Der Drigalskispatel wurde zurück in das Ethanolbad gelegt. Das Vorgehen wurde mit dem zweiten Spatel und der zweiten NBA Platte mit 100 µl sterilem Ingwersaft darauf wiederholt. Schlussendlich wurde erneut mit dem ersten Spatel der Saft auf der dritten Platte ausplattiert. Sobald der Saft auf allen drei Platten ausplattiert worden war, wurde auf drei neue Platten hintereinander mit jeweils derselben Pipettenspitze je 100 µl pipettiert und wie oben beschrieben ausplattiert. Dieses Vorgehen wurde so lange wiederholt, bis auf 19 der 38 NBA Platten je 100 µl steriler Ingwersaft ausplattiert worden war. Diese Platten wurden mit „Saft“ angeschrieben und beiseite gestellt.

Es wurden eine neue NBA Platte und eine, auf der vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, zu Beginn der folgenden Versuche offen neben dem Arbeitsplatz hingestellt. Diese beiden Platten wurden, nachdem die letzte Bakterienart ausplattiert worden war, verschlossen und mit den weiteren Platten in den Brutschrank gestellt.

Die Verdünnungsreihen wurden wie unter 4.3 beschrieben durchgeführt (siehe Seite 10). Alle Bakterienarten wurden nacheinander verdünnt. Erst als von jeder Art die benötigte Verdünnung vorhanden war, wurde mit dem Ausplattieren begonnen. Dieses Vorgehen ist nicht zu empfehlen, da die Bakterien nur eine begrenzte Zeit in PBS überleben können (vgl. 6.1, Seite 36).

Das Eppendorf Tube mit der jeweiligen Bakterienart in der entsprechenden Verdünnung wurde kurz auf dem Vortex gerührt. Anschließend wurden hintereinander auf drei neue NBA Platten, ohne die Pipettenspitze dazwischen zu wechseln, je 100 µl der verdünnten Bakterienkultur pipettiert. Einer der beiden Drigalskispatel wurde kurz über die Bunsenbrennerflamme gehalten, damit sich das Ethanol entzünden konnte. Der Spatel wurde, sobald die Flamme erloschen war, noch kurz unmittelbar unter der Flamme gehalten, damit er komplett auskühlen konnte. Nun wurde die erste Platte ausplattiert. Der Spatel wurde zurück in das Ethanolbad gelegt und der Vorgang mit dem zweiten Spatel und der zweiten Platte wiederholt. Schlussendlich wurde die dritte Platte wiederum mit dem ersten Spatel ausplattiert. Alle drei Platten wurden mit „Versuch 1“, der Bakterienart, dem Datum und dem Namen des Forschers beschriftet. Sobald alle drei Platten ausplattiert worden waren, wurde der ganze Vorgang mit derselben Bakterienart wiederholt, jedoch wurde die verdünnte Bakterienkultur nun auf drei NBA Platten ausplattiert, auf welche vorgängig je 100 µl steriler Ingwersaft gegeben wurden. Waren auch diese drei Platten ausplattiert worden, wurde die nächste Bakterienart

auf je drei NBA Platten mit und drei NBA Platten ohne Ingwersaft ausplattiert. Dies wurde ebenfalls mit den noch verbleibenden vier Bakterienarten durchgeführt, bis schlussendlich alle sechs Bakterienarten auf je drei Platten mit und drei Platten ohne Ingwersaft ausplattiert worden waren. Alle 36 Platten wurden im Brutschrank bei 37°C für ca. 20h inkubiert.

Am folgenden Tag wurden die gewachsenen Bakterienkolonien ausgezählt.

#### 4.5 Das gleiche mit mehr Saft und weniger Bakterienarten

Zur einfacheren Verwendung wird dieser Versuch als „Versuch 2“ beschrieben.

Material:

- 16 NBA Platten
- 2 ml Ingwersaft steril in Eppendorf Tube
- 2 ml Ingwersaft filtriert in Eppendorf Tube
- Ethanol 70 % in Glasbehälter mit ca. 10-15 cm Durchmesser
- 2x Drigalskispatel
- Bunsenbrenner
- Pipetman Pipette P1000
- Pipetman Pipette P200
- Pipettenspitzen steril
- Brutschrank 37°C
- Bakterienkultur *Escherichia coli*, Verdünnung  $10^{-4}$  in steriler LB Lösung in Eppendorf Tube
- Bakterienkultur *Bacillus cereus*, Verdünnung  $10^{-4}$  in steriler LB Lösung in Eppendorf Tube

Methoden:

- Entsaftung
- Filtration
- Sterilisation durch Filtration
- Verdünnungsreihen
- Ausplattieren
- Untersuchung auf Hemmung
- Auszählen

Wie bei Versuch 1. Die Menge des ausplattierten Saftes wurde auf 250µl erhöht und auch mit nur filtrierte Saft durchgeführt. Zudem wurden die Bakterien mit LB anstatt PBS Lösung verdünnt.

Der Ingwersaft wurde wie unter 4.1 beschrieben aufbereitet (siehe Seite 7). Zusätzlich wurden bereits nach dem Filtrieren 2ml Ingwersaft in Eppendorf Tubes gegeben. Die beiden Drigalskispatel wurden in ein 70%-Ethanol Bad gelegt. Es wurden auf sechs der 16 NBA Platten je 250 µl steriler Saft ausplattiert. Auf weitere sechs Platten wurde der nur filtrierte Saft ausplattiert. Es wurde jeweils auf eine Platte mittels einer Pipetman Pipette P1000 250 µl des sterilen Saftes pipettiert, die Pipettenspitze wurde gewechselt und auf eine zweite Platte wurden ebenfalls 250 µl des sterilen Saftes pipettiert. Anschliessend wurde einer der beiden Drigalskispatel kurz über die Flamme des Bunsenbrenners gehalten, um das Ethanol zu entzünden. Wenn auf dem Spatel keine Flamme mehr sichtbar war, wurde der Saft auf der ersten Platte ausplattiert und der Spatel zurück in das Ethanolbad gelegt. Nun wurde mittels gleichem Vorgehen mit dem zweiten Spatel der Saft auf der zweiten Platte ausplattiert. Dann wurde erneut wie oben beschrieben je 250 µl Saft auf zwei weitere Platten pipettiert und ausplattiert. Dies wurde wiederholt, bis auf sechs der 16 NBA Platten je 250 µl steriler Ingwersaft ausplattiert worden war. Weiter wurde der komplette Vorgang wiederholt, bis auf weiteren sechs Platten je 250 µl filtrierter Saft ausplattiert worden war. Je zwei dieser sechs Platten pro Art des Saftes (steril/nur filtriert) galten als Kontrolle und wurden mit „Saft steril Referenz“, bzw. „Saft filtriert Referenz“, dem Datum und dem Namen des Forschers angeschrieben und beiseite gestellt. Die restlichen vier Platten pro Saftart wurden mit „Saft steril“ bzw. „Saft filtriert“ angeschrieben und ebenfalls beiseite gestellt.

Die Verdünnungsreihe wurde wie unter 4.3 beschrieben durchgeführt (siehe Seite 10). Beide Bakterienarten wurden nacheinander verdünnt. Erst als von beiden Bakterienarten die benötigte Verdünnung vorhanden war, wurde mit dem Ausplattieren begonnen. Auf Grund der besseren Verträglichkeit der Bakterien, wurde die Verdünnung mit einer sterilen LB Lösung vorgenommen.

Das Eppendorf Tube mit der jeweiligen Bakterienart in der jeweiligen Verdünnung wurde kurz auf dem Vortex gerührt. Anschliessend wurde mittels der Pipetman Pipette P200 100 µl der verdünnten Bakterienkultur auf eine neue NBA Platte pipettiert. Unmittelbar danach wurde die Pipettenspitze gewechselt und auf eine zweite neue NBA Platte erneut 100 µl pipettiert. Einer der beiden Drigalskispatel wurde kurz über die Flamme des Bunsenbrenners geführt, damit sich das Ethanol entzündete. Als keine Flamme mehr sichtbar war, wurde der Spatel noch kurz unmittelbar unter der Flamme gehalten, damit er auskühlen konnte. Nun wurde die erste der beiden NBA Platten ausplattiert. Anschliessend wurde der Spatel zurück in das Ethanolbad gelegt und der Vorgang mit dem zweiten Spatel und der zweiten Platte wiederholt. Anschliessend wurde auf zwei NBA Platten, auf welchen zuvor je 250 µl steriler Ingwersaft ausplattiert worden waren wiederum je 100 µl derselben Bakterienart nach dem oben beschriebenen Vorgehen pipettiert und

ausplattiert. Das Selbe wurde mit zwei Platten, auf welchen vorgängig je 250µl filtrierter Saft ausplattiert worden waren, wiederholt. Sobald von der einen Bakterienart je zweimal auf eine neue, zweimal auf eine NBA Platte mit sterilem und zweimal auf eine NBA Platte mit filtriertem Ingwersaft ausplattiert wurde, wurde das Ganze mit der zweiten Bakterienart wiederholt. Die Platten wurden mit „Versuch 2“, dem Namen der Bakterienart, dem Datum und dem Namen des Forschers beschriftet und bei 37°C während ca. 20 h inkubiert.

Am folgenden Tag wurden die gewachsenen Bakterienkolonien ausgezählt.

#### 4.6 Wiederholung, nur noch steriler Saft

Zur einfacheren Verwendung wird dieser Versuch als „Versuch 3“ beschrieben.

Material:

- 14 NBA Platten
- 2,5ml Ingwersaft steril in Eppendorf Tube
- Ethanol 70% in Glasbehälter mit ca. 10-15cm Durchmesser
- 2x Drigalskispatel
- Bunsenbrenner
- Pipetman Pipette P1000
- Pipetman Pipette P200
- Pipettenspitzen steril
- Brutschrank 37°C
- Bakterienkultur Verdünnung  $10^{-4}$  in steriler LB Lösung in Eppendorf Tube:
  - *Bacillus cereus*
  - *Escherichia coli*
- Bakterienkultur *Staphylococcus aureus*, Verdünnung  $10^{-3}$  in steriler LB Lösung in Eppendorf Tube

Methoden:

- Entsaftung
- Filtration
- Sterilisation durch Filtration
- Verdünnungsreihen
- Ausplattieren
- Untersuchung auf Hemmung
- Auszählen

Wiederholung  
von Versuch 2,  
ohne  
filtriertem Saft.

Versuch 3 ist eine Kopie des Versuches 2. Es wurde aber zusätzlich eine Kultur von *Staphylococcus aureus* ausplattiert. Der filtrierte Ingwersaft wurde auf Grund der grossen Verunreinigung nicht mehr verwendet.

Die Platten wurden wie in Versuch 2 beschrieben beschriftet und für ca. 20 h bei 37°C inkubiert.

Am folgenden Tag wurden die gewachsenen Bakterienkulturen ausgezählt.

#### 4.7 Hemmhöfe

Zur einfacheren Verwendung wird dieser Versuch als „Versuch 4“ beschrieben.

Material:

- 1 l Wasser entionisiert
- 25 g LB broth Pulver, Sigma-Aldrich
- Becherglas 1 l
- 4x Erlenmeyerkolben 250 ml
- Watte
- Alufolie
- Autoklav
- 4x Magnetrührer inkl. Rührfisch
- Penicillin pulverförmig rein
- Ampicillin pulverförmig rein
- 2x Spatel
- 2x Erlenmeyerkolben 50 ml
- 22 NBA Platten
- 1 ml Ingwersaft steril in Eppendorf Tube
- 70 % Ethanol in Glasbehälter mit ca. 10-15 cm Durchmesser
- 2x Drigalskispatel
- Pads aus Löschpapier, ca. 5 mm Durchmesser
- Pinzette
- Eppendorf Research Pipette
- Pipettenspitzen steril
- Brutschrank 37°C
- 3-Ösen-Ausstriche auf NBA Platten:
  - Bacillus cereus
  - Escherichia coli
  - Micrococcus luteus
  - Pseudomonas aeruginosa

Methoden:

- Entsaftung
- Filtration (Abnutschen)
- Sterilisation durch Filtration
- Übernachtskultur
- Ausplattieren
- Hemmhofversuch

Es wurde untersucht, ob sich um ein in Ingwersaft getränktes Pad ein Hemmhof bildet, was wiederum auf eine antibakterielle Wirkung von Ingwersaft hindeuten würde.

Die 3-Ösen-Austriche wurden vorgängig wie unter 4.2 beschrieben durchgeführt (siehe Seite 9).

Es wurde ein Liter entionisiertes Wasser in ein 1 l Becherglas gegeben. Es wurden nach Verpackungsanweisung 25 g LB broth Pulver der Firma Sigma-Aldrich darunter gerührt. Sobald das Gemisch homogen war, wurde es auf vier 250 ml Erlenmeyerkolben gleichmässig verteilt. Weiter wurde in jeden der vier Kolben ein Magnetrührfisch gelegt. Die Erlenmeyerkolben wurden mit einem Wattebausch verschlossen und es wurde Alufolie über den Hals und die Öffnung gelegt. Auch um den Hals und über die Öffnung der 50 ml Erlenmeyerkolben wurde Alufolie gelegt. Anschliessend wurden die vier 250 ml Erlenmeyerkolben mit der LB-Lösung zusammen mit den beiden 50 ml Erlenmeyerkolben im Autoklaven für 30 Minuten bei 121°C sterilisiert.

Nach dem Autoklavieren wurden die beiden nun sterilen 50 ml Erlenmeyerkolben beiseite gestellt. Die vier Kolben mit der LB-Lösung wurden stehen gelassen, bis die Lösung auf etwa 30°C abgekühlt war. Anschliessend wurde die Impföse über dem Bunsenbrenner ausgeglüht und in den Nährboden des Ausstriches der ersten Bakterienart gedrückt, bis kein Zischen mehr hörbar war (genügend ausgekühlt). Nun wurde eine gute Menge Bakterienmaterial (zwischen vier bis acht Kolonien) vom Nährboden geschabt und in den ersten Kolben überführt. Dabei wurde der Wattepfropf nur mit der Alufolie dazwischen kurz angehoben und, nachdem das Bakterienmaterial von der Öse in die Flüssigkeit gegeben worden war, gleich wieder verschlossen. Nun wurde der Erlenmeyerkolben mit der beimpften LB-Lösung auf den Magnetrührer gestellt. Es wurde mit einer tiefen Drehzahl gerührt, knapp 300 U/min. Dieser Vorgang wurde mit den anderen drei Bakterienarten

wiederholt, dass schlussendlich in jedem Kolben eine Art wachsen konnte. Die Kolben wurden mit der Bakterienart, dem Datum und den Initialen des Forschers beschriftet. Die Kulturen wurden über Nacht bei der eingestellten Drehzahl gerührt und somit für etwa 20 h inkubiert.



Abbildung 12: Vier Erlenmeyerkolben mit Bakterienkulturen vor der Inkubation über Nacht, die LB-Lösung ist homogen.



*Am folgenden Tag:*

Der Ingwersaft wurde wie unter 4.1 gewonnen, aufgearbeitet und in sterile Eppendorf Tubes gefüllt (siehe Seite 7).

In beide (am Vortag) sterilisierte 50 ml Erlenmeyerkolben wurden je ca. 10 ml entionisiertes Wasser gegeben. Es wurde mittels einem der beiden Spatel eine Spatelspitze Penicillin in den ersten Kolben gegeben. Dessen Inhalt wurde durch Schwenken vermischt. Mit dem zweiten Spatel wurde eine Spatelspitze Ampicillin in den zweiten Kolben gegeben. Auch dieser wurde geschwenkt, bis sich sein Inhalt zu einer homogenen Flüssigkeit vermischt hat. Beide Kolben wurden mit dem Namen des jeweiligen Antibiotikums beschriftet, mit dem Wattepfropf verschlossen und beiseite gestellt.

Die beiden Drigalskispatel wurden in das 70%-Ethanolbad gelegt. Es wurde von der ersten flüssigen Bakterienkultur mittels Eppendorf Research Pipette 100 µl auf eine NBA Platte Pipettiert. Die Pipettenspitze wurde gewechselt und es wurden erneut 100 µl flüssige Bakterienkultur der gleichen Art auf eine weitere NBA Platte pipettiert. Der Erlenmeyerkolben wurde immer unmittelbar vor der Entnahme der Flüssigkeit geöffnet und danach gleich wieder verschlossen. Der Wattepfropf wurde nur mit der Alufolie darum berührt. Anschliessend wurde der erste Drigalskispatel kurz über die Bunsenbrennerflamme geführt, damit sich das Ethanol entzünden konnte. Sobald keine Flamme mehr sichtbar war, wurde der Spatel unmittelbar unter der Flamme des Bunsenbrenners gehalten um auszukühlen. Nun wurde die Flüssigkeit auf der ersten Platte ausplattiert. Der Drigalskispatel wurde zurück in das Ethanolbad gelegt und der Vorgang mit dem zweiten Spatel und der zweiten Platte wiederholt. Das ganze Vorgehen wurde mit jeder Bakterienart so oft wiederholt, bis pro Art je fünf NBA Platten ausplattiert worden sind. Weiter wurden mit dem gleichen Verfahren auf zwei Platten je 100 µl Ingwersaft als Kontrolle für dessen Sterilität ausplattiert. Pro Bakterienart wurden zwei beimpfte Platten mit „Kontrolle“, der Art, dem Datum und dem Namen des Forschers beschriftet und beiseite gestellt.



Abbildung 13: Die Übernachtskultur von *Micrococcus luteus*, die LB-Lösung ist auf Grund der gewachsenen Bakterienzellen heterogen.

Als Kontrolle für den Hemmhof wurde auf je eine Platte pro Bakterienart je ein Pad mit Penicillin und eines mit Ampicillin gelegt. Die Pinzette wurde über der Bunsenbrennerflamme für ca. 15-20 Sekunden in Bewegung erhitzt.

Anschliessend wurde sie unmittelbar unter der Flamme gehalten um auszukühlen. Nun wurde mit der Pinzette ein Pad aus Löschpapier in Penicillin getaucht und abgetropft. Dieses Pad wurde auf die linke Seite des Nährmediums gelegt. Der Vorgang wurde mit Ampicillin wiederholt, wobei das Ampicillin auf der rechten Seite des Nährmediums platziert wurde. Bei den restlichen drei

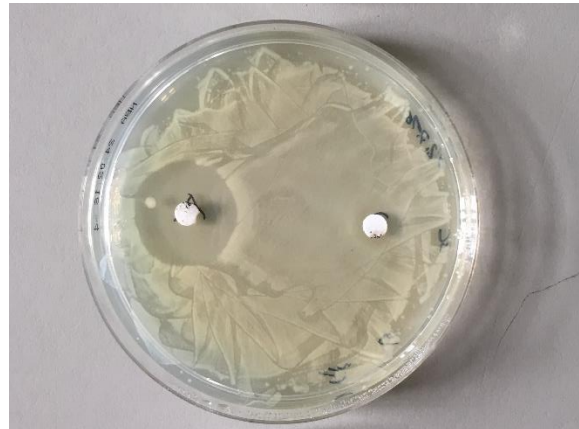


Abbildung 14: Typischer Hemmhof um den Ampicillin Pad (links) bei einer Kultur von *Escherichia coli* auf einer NBA Platte

Bakterienarten wurde das Gleiche mit ebenfalls je einer Platte wiederholt. Auf der Rückseite der Platte wurde auf der Stelle, an der das Pad mit Penicillin liegt ein „P“ geschrieben, an jener mit dem Ampicillin ein „A“. Weiter wurde die Platte mit der Bakterienart, dem Datum und dem Namen des Forschers beschriftet.

Für die Hemmhofversuche mit dem Ingwersaft wurde die Pinzette etwa 15-20 Sekunden über der Flamme des Bunsenbrenners erhitzt. Anschliessend wurde sie direkt unter der Flamme gehalten, um auszukühlen. Nun wurde ein Pad genommen und in eines der Eppendorf Tubes mit dem Ingwersaft getaucht und abgetropft. Es wurde in der Mitte des Nährbodens der ersten Platte einer Bakterienart platziert. Auf der zweiten Platte wurde mit dem gleichen Vorgang ein Pad platziert. Dieses Vorgehen wurde mit den restlichen Platten der drei verbleibenden Bakterienarten wiederholt. Schlussendlich wurden die Platten mit der Bakterienart, dem Datum und dem Namen des Forschers beschriftet und zusammen mit allen restlichen beimpften Platten in den Brutschrank gestellt, wo sie für ca. 20 h bei 37°C inkubiert wurden.

Am folgenden Tag wurden die Platten auf Hemmhöfe untersucht.

## 5. Resultate

### 5.1 Von der Knolle zum Saft

Als Produkt während des Entsaftungsprozesses mittels der Kenwood Küchenmaschine wurde ein heterogener Saft gewonnen, welcher an frisch gepressten Orangensaft erinnert, jedoch etwas gelblicher scheint. Der Saft roch sehr stark nach Ingwer, Dämpfe reizten die Atemwege und Augen. Wurde er stehen gelassen, liess sich bereits nach kurzer Zeit ein weisser Niederschlag



Abbildung 15: Faserige Überreste des Rhizoms nach dem Entsaften

erkennen. Nach der Filterung mittels Filterpapier war visuell kein grosser Unterschied zwischen Edukt und Produkt feststellbar. Erst nach der Sterilfiltration war der Saft homogen und besass nur noch einen schwachen Gelbstich.



Abbildung 16: frischer Ingwersaft

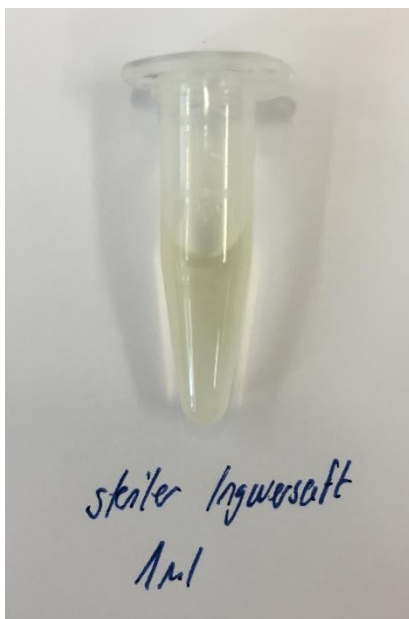


Abbildung 17: Sterilisierter Ingwersaft

## 5.2 Der Weg zur Einzelkolonie

Es konnten durch den 3-Ösen-Ausstrich von jeder Bakterienart einzelne Kolonien gezüchtet werden. Einzig bei der Art *Bacillus cereus* gestaltete sich die Unterscheidung einzelner Kolonien etwas schwierig, da die Zellen von *B.cereus* auf dem Nährmedium mobil sind. Es konnte bei keiner der sechs Arten eines der beiden Nährmedien (NBA oder Blutagar) als für das Wachstum günstiger eingestuft werden. Aus diesem Grund wurden alle weiteren Versuche auf NBA Platten durchgeführt. Durch den Ausstrich auf

der Blutagar Platte konnten die Bakterienarten bestimmt werden, welche hämolytisch aktiv sind. Die Hämolyse lässt sich darin erkennen, dass der Blutagar rund um die Kolonie gelb-braun und homogen wird (vgl. Abb. 18-23). Folgende Arten betreiben Hämolyse: *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Staphylococcus aureus*.

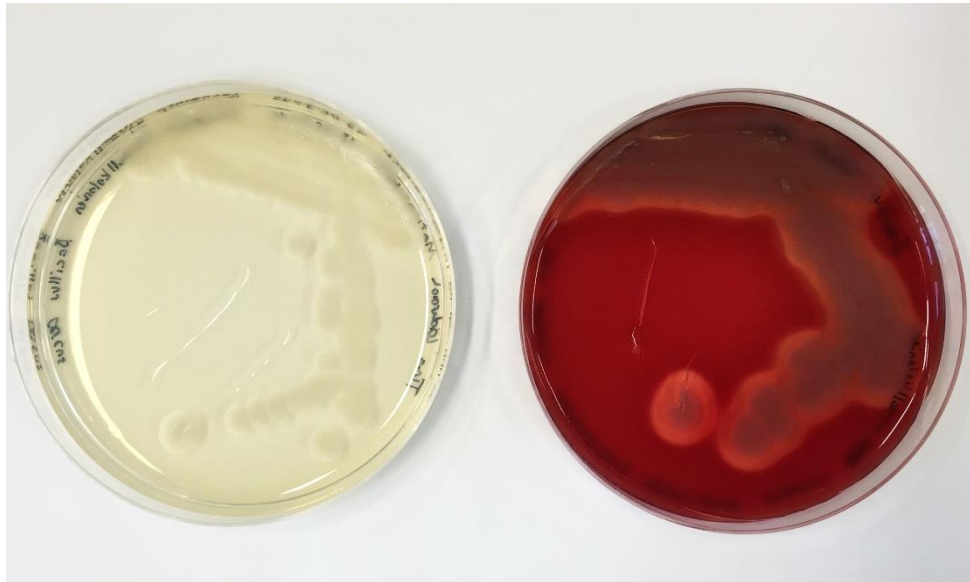


Abbildung 18: *Bacillus cereus*, 3-Ösen-Ausstrich auf NBA (links) und Blutagar (rechts)

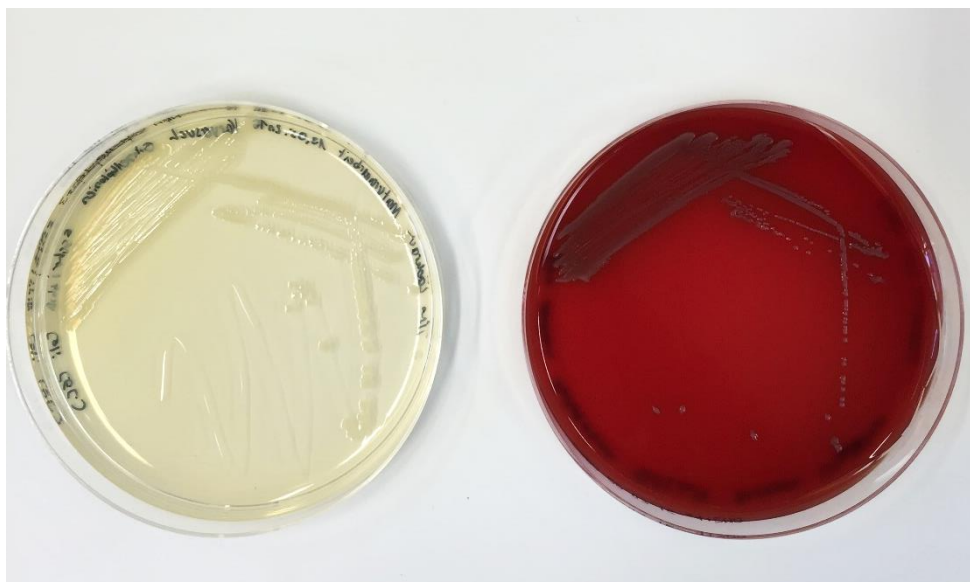


Abbildung 19: *Escherichia coli*, 3-Ösen-Ausstrich auf NBA (links) und Blutagar (rechts)



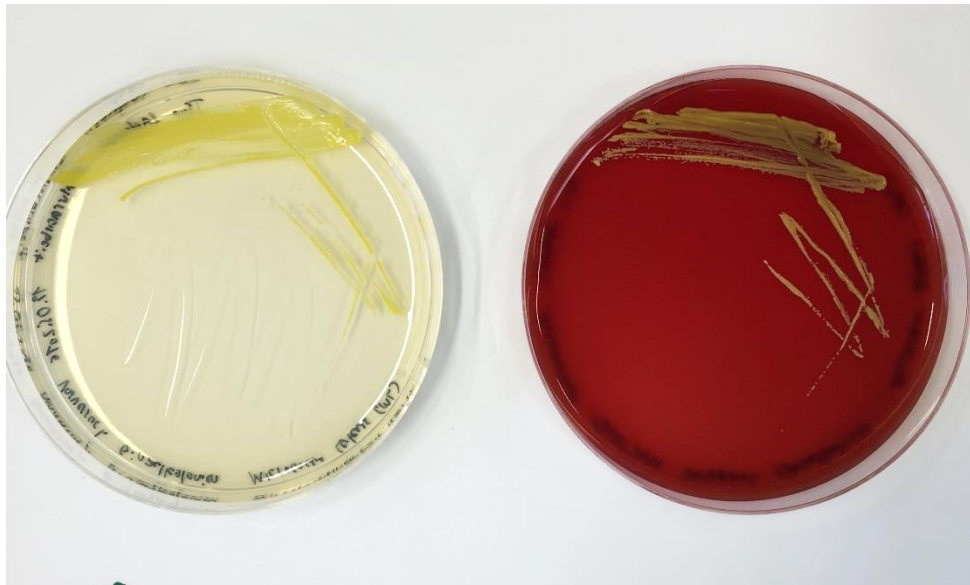


Abbildung 20: *Micrococcus luteus*, 3-Ösen-Ausstrich auf NBA (links) und Blutagar (rechts)

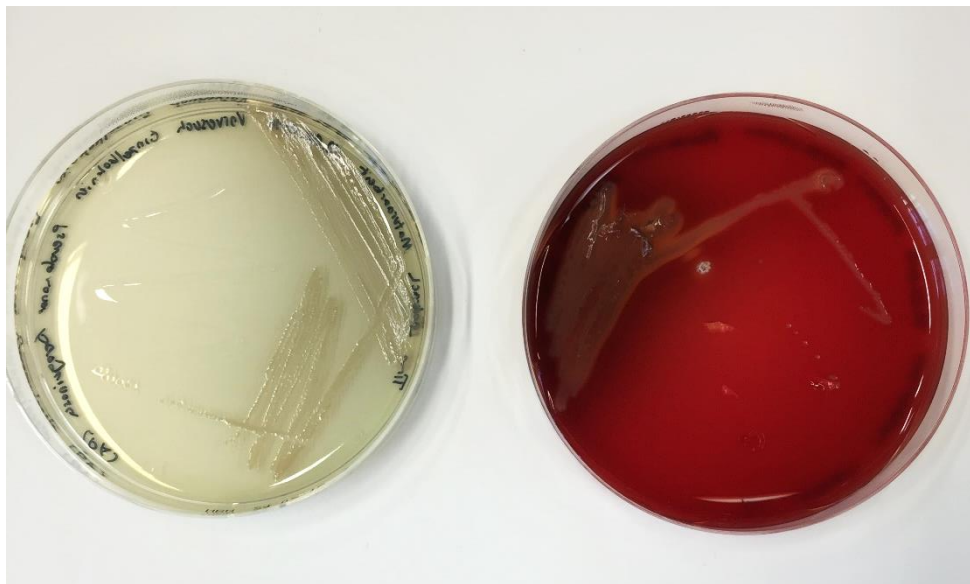


Abbildung 21: *Pseudomonas aeruginosa*, 3-Ösen-Ausstrich auf NBA (links) und Blutagar (rechts)

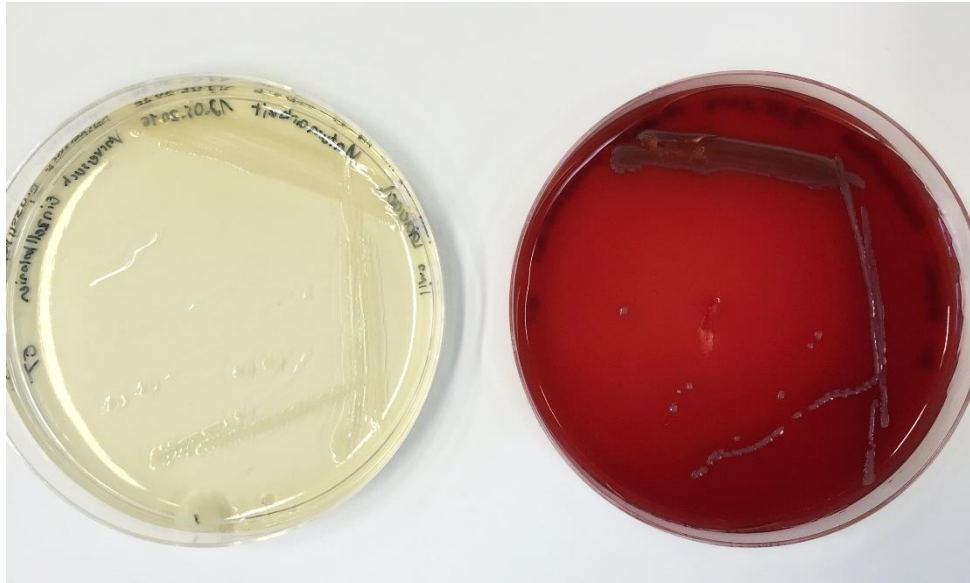


Abbildung 22: *Salmonella enteritidis*, 3-Ösen-Ausstrich auf NBA (links) und Blutagar (rechts)

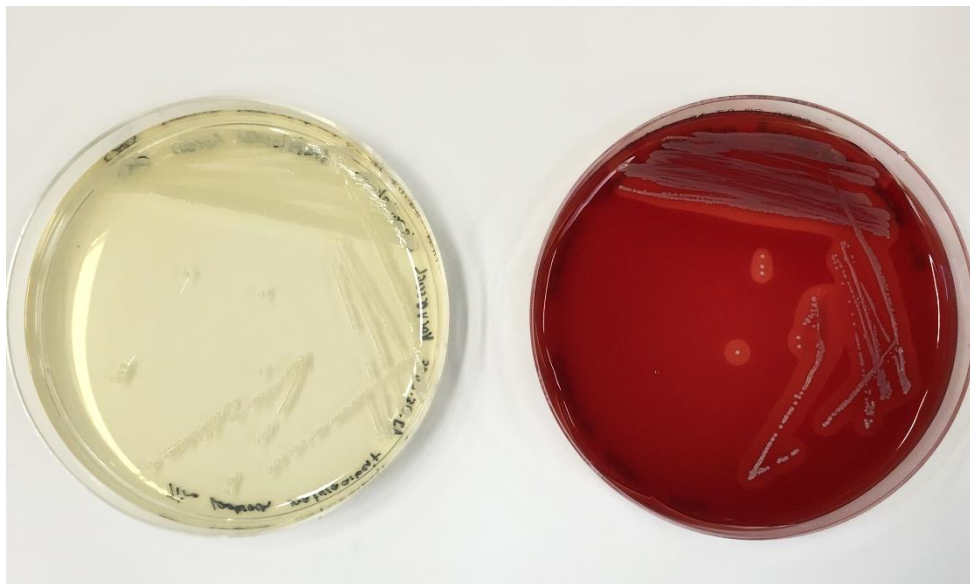


Abbildung 23: *Staphylococcus aureus*, 3-Ösen-Ausstrich auf NBA (links) und Blutagar (rechts)

### 5.3 Koloniengrösse

Bei einer 1000fachen Verdünnung war die Anzahl an gewachsenen Zellen in allen Fällen zu hoch, um eine sinnvolle Auszählung zu machen. Die 100'000fache ( $10^{-5}$ ) Verdünnung stellte mit ca. 80-400 Kolonien je nach Art die sinnvollste Verdünnung dar. Einzig bei der Art *Pseudomonas aeruginosa* wurde bei der 1000fachen Verdünnung eine zu grosse, bei der 100'000fachen eine zu kleine Anzahl an Kolonien gezüchtet. Daher wurde in den danach folgenden Versuchen eine 10'000fache ( $10^{-4}$ ) Verdünnung verwendet.

## 5.4 Das erste Zusammentreffen von Saft und Bakterien

Auf Grund der sehr unerwarteten und sehr untypischen Resultate und dem oft zu dichten Wachstum der Bakterienkolonien wurde keine exakte Auszählung der Kolonien vorgenommen.

### 5.4.1 *Bacillus cereus*

Auf den drei Kontrollplatten, auf welchen vorgängig kein Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchs nur auf einer einzigen Platte eine einzige Kolonie von *Bacillus cereus*. Auf einer weiteren wuchsen drei kleinere Kolonien, die eine grosse Ähnlichkeit zu *Bacillus cereus* aufweisen, jedoch bedeutend kleiner sind. Auf der dritten wuchs nichts.

Die drei Platten, auf welchen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, waren alle drei mit einem gleichmässig dichten Bewuchs einer Bakterienart übersät, welche keinesfalls *Bacillus cereus* sein konnte. Die Kolonien waren sehr klein, transparent-gelblich und glänzend.

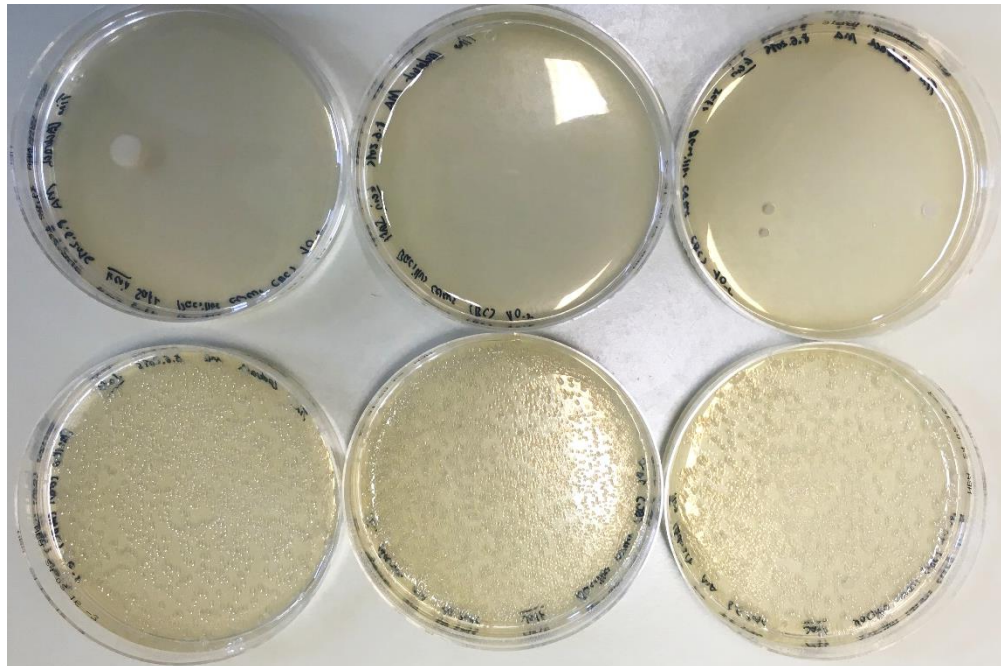


Abbildung 24: *Bacillus cereus*, oben ohne vorgängig ausplattiertem Saft, unten mit vorgängig ausplattiertem Saft

### 5.4.2 *Escherichia coli*

Auf den drei Kontrollplatten, auf welchen vorgängig kein Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen auf allen dreien je ca. 100-200 Kolonien von *Escherichia Coli*.

Auf den drei Platten, auf welchen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchs ein dichter Teppich an Kolonien, welche verglichen mit den Kontrollplatten, alle etwas kleiner waren als *E.coli*. Ein weiterer grosser Unterschied zu *E.coli* liess sich von blossem Auge nicht feststellen. Zudem ist



die gewachsene Menge an Kolonien ein Vielfaches derer auf den Kontrollplatten.

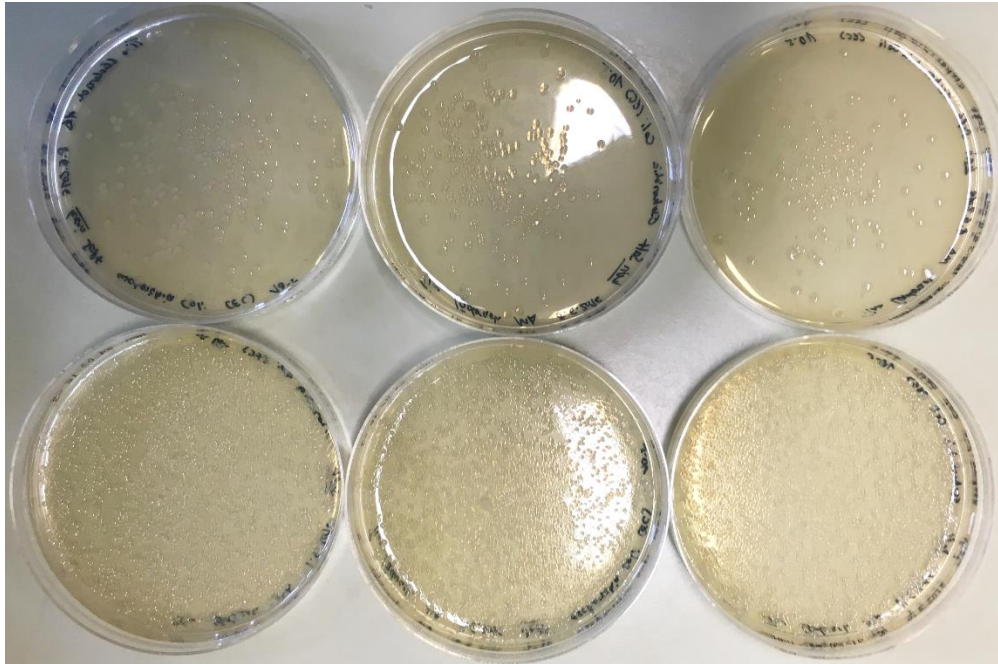


Abbildung 25: *Escherichia coli*, oben ohne vorgängig ausplattiertem Saft, unten mit vorgängig ausplattiertem Saft

#### 5.4.3 *Micrococcus luteus*

Auf den drei Kontrollplatten, auf welchen vorgängig kein Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen keine Kolonien. Leichte Kratzspuren im Medium zeigen aber, dass etwas ausplattiert worden war.

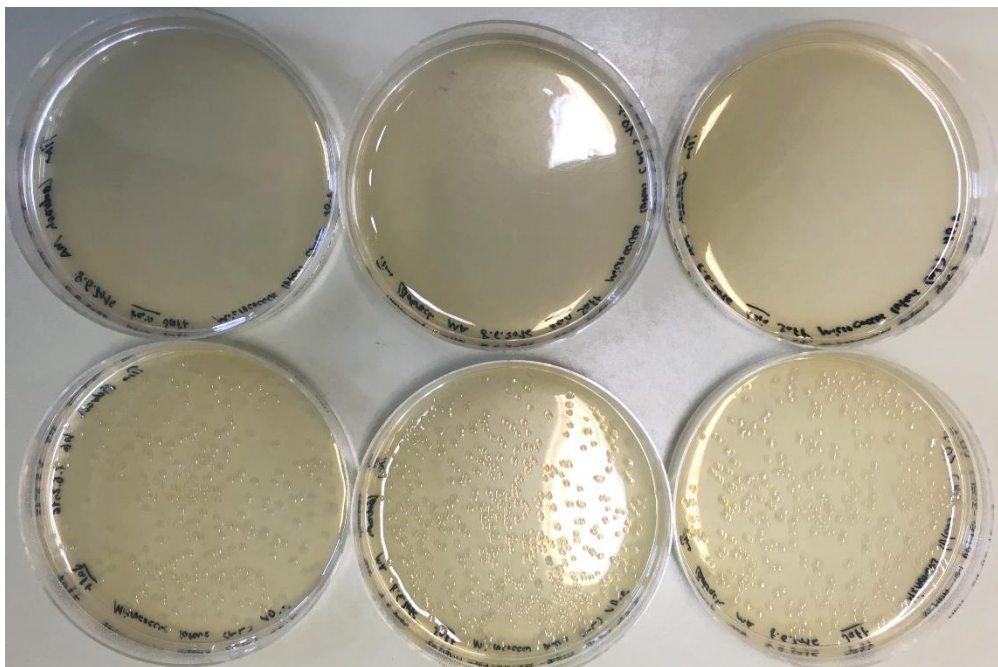


Abbildung 26: *Micrococcus luteus*, oben ohne vorgängig ausplattiertem Saft, unten mit vorgängig ausplattiertem Saft

Auf den drei Platten, auf welchen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen gleichmässig Kolonien, die an *E.coli* erinnerten. Die Anzahl an Kolonien lag bei etwa 150-250. Die Kolonien waren gelblich-transparent und glänzten.

#### 5.4.4 *Pseudomonas aeruginosa*

Auf den drei Kontrollplatten, auf welchen vorgängig kein Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen keine Kolonien. Leichte Kratzspuren im Medium zeigen aber, dass etwas ausplattiert worden war.

Auf den drei Platten, auf welchen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchs ein dichter Teppich an Kolonien. Diese waren glänzend und gelblich-transparent. Der Bewuchs war so dicht, dass die Kolonien nicht gezählt werden konnten.

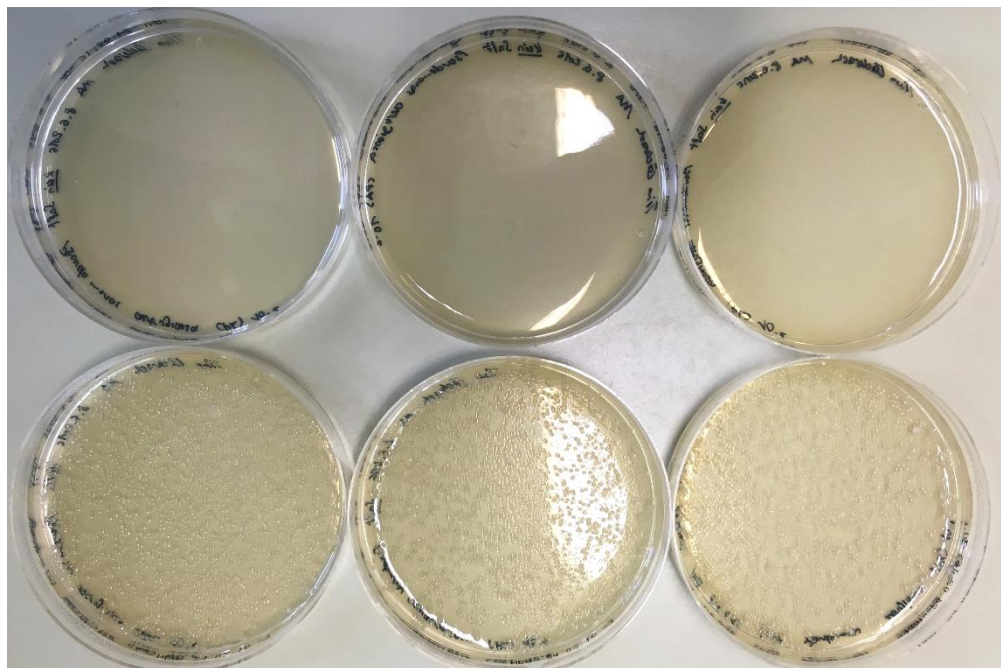


Abbildung 27: *Pseudomonas aeruginosa*, oben ohne vorgängig ausplattiertem Saft, unten mit vorgängig ausplattiertem Saft

#### 5.4.5 *Salmonella enteritidis*

Auf den drei Kontrollplatten, auf welchen vorgängig kein Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen je knapp zehn Kolonien *Salmonella enteritidis*.

Auf den drei Platten, auf welchen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen je ca. 100 Kolonien, welche glänzend und gelblich-transparent waren und sich von den Kolonien auf den Kontrollplatten unterscheiden. Dazwischen liessen sich einzelne (1-5) Kolonien von *Salmonella enteritidis* erkennen.



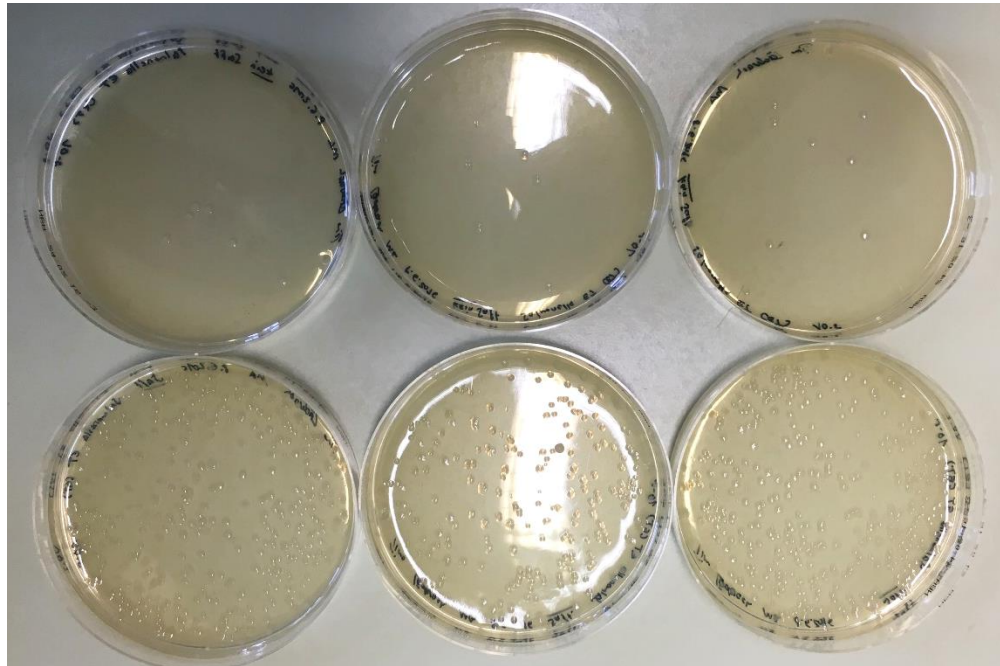


Abbildung 28: *Salmonella enteritidis*, oben ohne vorgängig ausplattiertem Saft, unten mit vorgängig ausplattiertem Saft

#### 5.4.6 *Staphylococcus aureus*

Auf den drei Kontrollplatten, auf welchen vorgängig kein Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen je ca. 100-150 Kolonien von *Staphylococcus aureus*. Auf Grund der weissen Farbe liessen sich die *S.aureus* Kolonien leicht von anderen unterscheiden. Auf den Kontrollplatten waren keine fremden Kolonien zu erkennen.

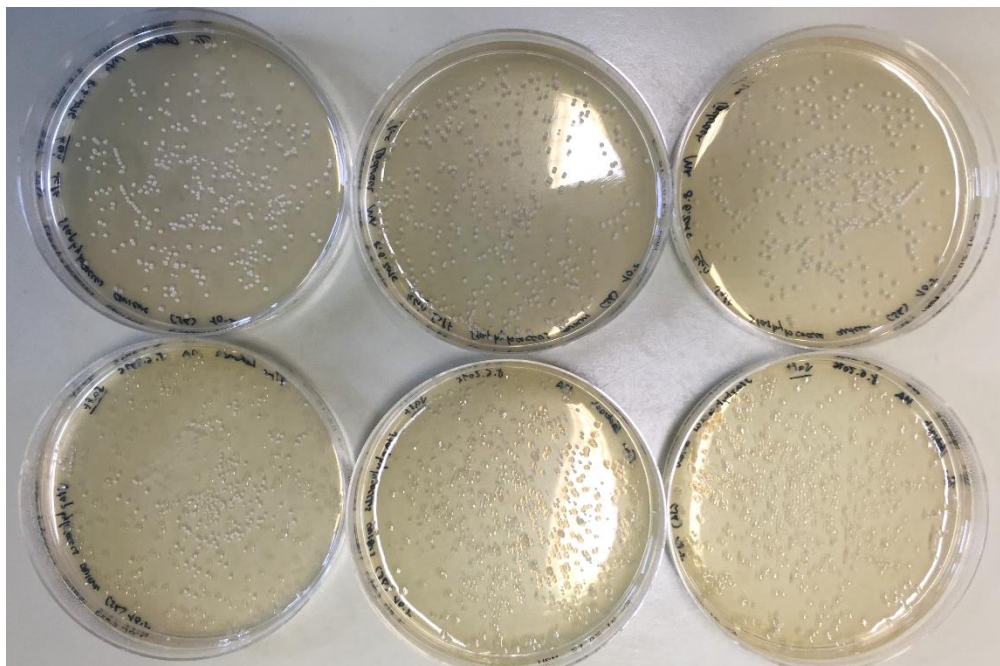


Abbildung 29: *Staphylococcus aureus*, oben ohne vorgängig ausplattiertem Saft, unten mit vorgängig ausplattiertem Saft

Auf zwei der drei Platten, auf denen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, wuchsen etwa 200-300 Kolonien welche gelblich-transparent und glänzend waren. Auf der dritten Platten wuchsen etwas weniger Kolonien dieser Art, dafür zusätzlich etwa 100 von *Staphylococcus aureus*, die jedoch nur etwa halb so gross waren wie jene auf den Kontrollplatten.

#### 5.4.7 Die offenen Platten

Die Platte, auf welcher vorgängig kein Ingwersaft ausplattiert worden war, war mit etwa 15 Kolonien von 3-4 verschiedenen Arten bewachsen

Die Platte, auf der vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, war relativ dicht von verschiedenen Arten bewachsen, wobei eine Art, die gelblich-transparent und glänzend schien, dominierte.

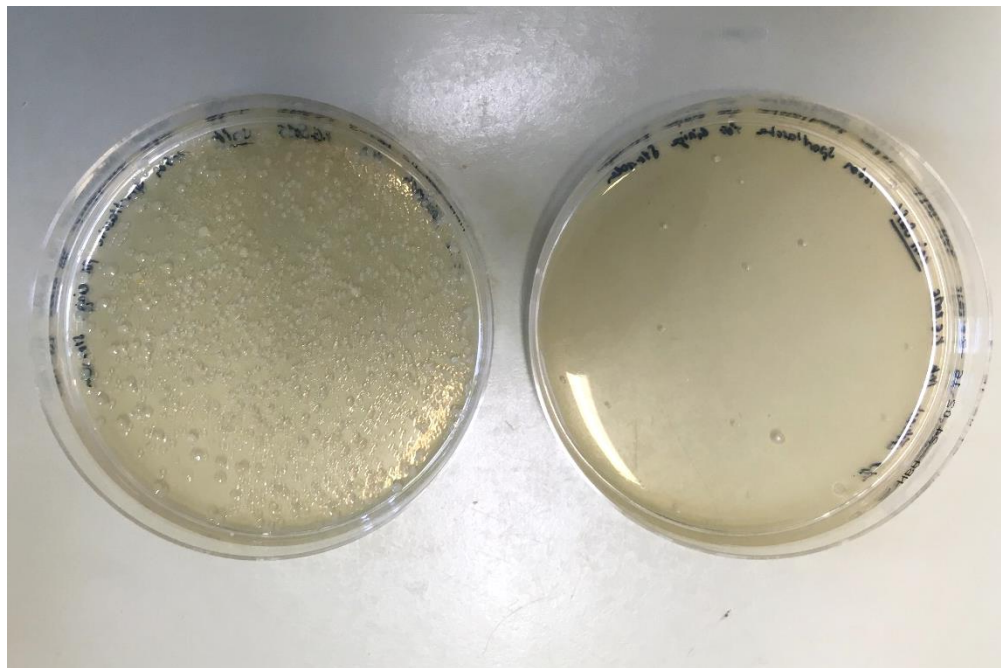


Abbildung 30: Die Platten, die geöffnet im Labor standen, links mit vorgängig ausplattiertem Saft, rechts ohne vorgängig ausplattiertem Saft

#### 5.5 Das Gleiche mit mehr Saft und weniger Bakterienarten

Die Platten von *Bacillus cereus* und *Escherichia coli*, auf welchen Ingwersaft beider Arten (steril / nur filtriert) ausplattiert worden war, wurden von einem dichten Teppich aus etwa drei verschiedenen Bakterienarten überwachsen. Eine Auszählung der Kolonien war auf Grund der grossen Dichte nicht möglich. Weiter waren auf der Platte, auf der steriler Ingwersaft ausplattiert worden war, etwa 50 Kolonien und drei Pilze gewachsen. Auf der Platte, auf der der der filtrierte Saft ausplattiert worden war, wurden dieselben Bakterien wie auf der Platte mit sterilem Saft gefunden, jedoch in grösseren Mengen. Die Bakterienkolonien gehörten, soweit dies von blossem Auge unterschieden werden konnte, zu mindestens drei unterschiedlichen Arten.



Abbildung 32: NBA Platte aus Versuch 2, auf der sterilfiltrierter Saft ausplattiert wurde



Abbildung 31: NBA Platte aus Versuch 2, auf der filtrierter Saft ausplattiert wurde

## 5.6 Wiederholung, nur noch steriler Saft

### 5.6.1 Kontrollplatten Saft

Eine der beiden Kontrollplatten für den sterilen Saft war von gut 30 Kolonien aus mindestens zwei, von bloßem Auge differenzierbaren, Arten bewachsen. Die zweite Kontrollplatte war von zwei verschiedenen Bakterienkolonien und einem Pilz ganz am Rand des Mediums bewachsen. Alle auf der Kontrollplatte gefundenen Arten ließen sich relativ gut von den verwendeten Bakterienarten unterscheiden, daher konnten die mit einer der drei Bakterienarten beimpften Platten auf eine mögliche Wachstumshemmung des Ingwersaftes auf die Bakterien untersucht werden.



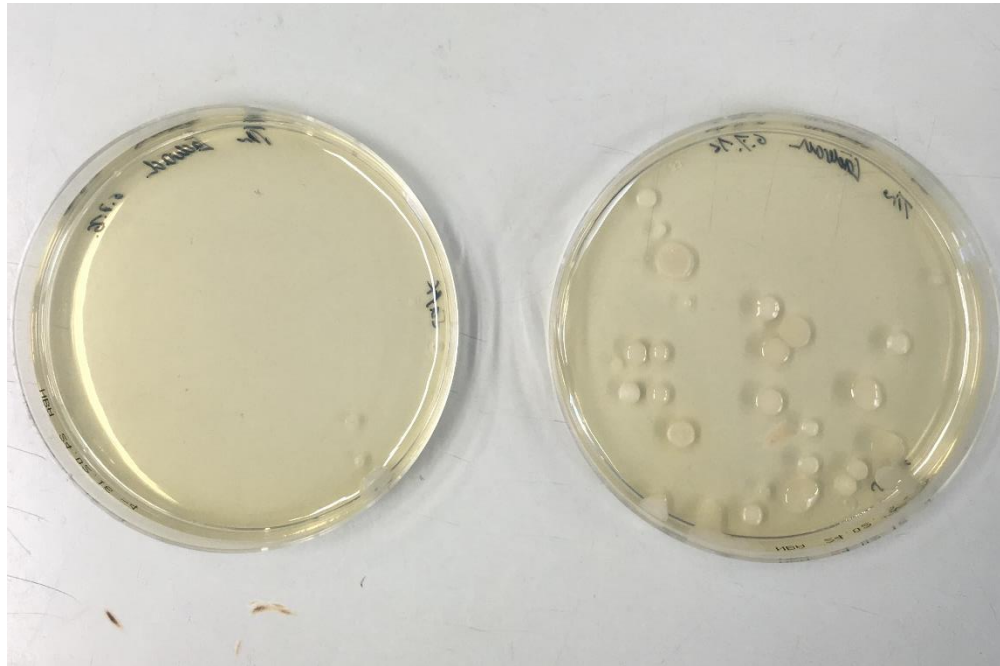


Abbildung 33: Kontrollplatten für den sterilfiltrierten Saft

### 5.6.2 *Bacillus cereus*

Die Platten, auf denen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, wie auch die Platten ohne Saft, waren regelmässig von *Bacillus cereus* bewachsen. Fremdkulturen wurden keine gefunden. Auf den Platten mit Saft wurden 102 und 111 Kolonien gezählt, auf jenen ohne 105 und 121 Kolonien. Es ist keine Hemmung des Saftes auf die Bakterien erkennbar.



Abbildung 34: *Bacillus cereus*, links mit vorgängig ausplattiertem Saft, rechts ohne vorgängig ausplattiertem Saft

### 5.6.3 Escherichia coli

Die Platten, auf denen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, wie auch die Platten ohne Saft, waren regelmässig von *Escherichia coli* bewachsen. Auf beiden Platten mit Ingwersaft wurden Fremdkulturen gefunden, die jedoch leicht von *E.coli* differenziert werden konnten. Bei allen vier Platten wurde die halbe Platte ausgezählt und die gezählten Kolonien auf die ganze Platte hochgerechnet. Für die Platten mit Saft ergab dies 498 und 538 Kolonien und für die Platten ohne Saft 418 und 492 Kolonien. Es ist keine Hemmung des Saftes auf die Bakterien erkennbar.

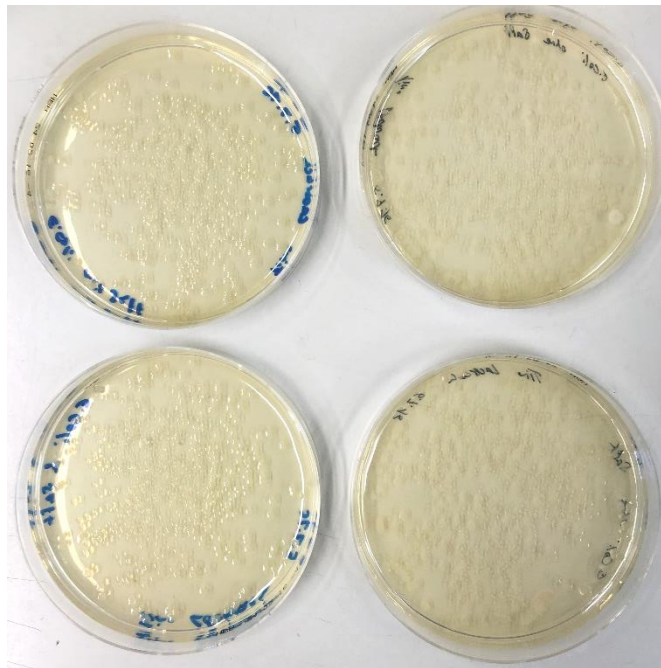


Abbildung 35: *Escherichia coli*, links mit vorgängig ausplattiertem Saft, rechts ohne vorgängig ausplattiertem Saft

### 5.6.4 Staphylococcus aureus

Der Bewuchs auf den Platten, auf welchen vorgängig Ingwersaft ausplattiert worden war, war von blossem Auge erkennbar grösser als auf jenen Platten, auf denen kein Saft ausplattiert worden war. Um die Anzahl der gewachsenen Kolonien zu ermitteln wurde ein Viertel der Platte ausgezählt und die Anzahl an Kolonien auf die ganze Platte hochgerechnet. Dies ergab für die Platten mit Saft 1472 und 1620 Kolonien und für die Platten ohne Saft 728 und 670 Kolonien. Eine Hemmung des Saftes auf die Bakterien ist nicht erkennbar, dafür lässt sich eine Begünstigung des Wachstums vermuten.

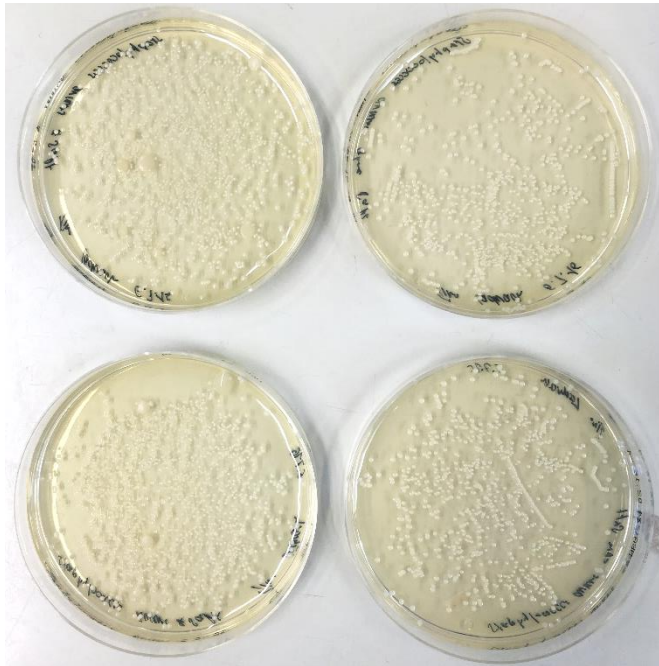


Abbildung 36:  
*Staphylococcus aureus*,  
 links mit vorgängig  
 ausplattiertem Saft, rechts  
 ohne vorgängig  
 ausplattiertem Saft

### 5.6.5 Hemmhöfe

Folgende Tabelle (Tabelle 1) zeigt die gefundenen Hemmhöfe:

	<b>B.cereus</b>	<b>E.coli</b>	<b>M.luteus</b>	<b>P.aeruginosa</b>
<b>Penicillin</b>	kleiner Hemmhof	kein Hemmhof	kein Hemmhof	kleiner Hemmhof
<b>Ampicillin</b>	kleiner Hemmhof	grosser Hemmhof	kein Hemmhof	kleiner Hemmhof
<b>Ingwersaft</b>	verdichtetes Wachstum	kein Hemmhof	kein Hemmhof	kein Hemmhof

Tabelle 1: In Versuch 4 entstandene Hemmhöfe

Der Hemmhof um den Ampicillinpad bei *Escherichia coli* fiel bedeutend grösser aus, als die weiteren entstandenen Hemmhöfe um die Antibiotikumpads bei den anderen Bakterienarten.



Abbildung 37: Die Kontrollplatten mit den Antibiotika Pads, v. l. n. r.: *B. cereus*, *E. coli*, *M. luteus*, *P. aeruginosa*, unten jeweils der Ampicillin Pad, oben der Penicillin Pad

Um den Ingwersaftpad konnte bei keiner Bakterienart ein Hemmhof festgestellt werden. Bei *Bacillus cereus* zeigte sich um den Ingwersaftpad ein verdichtetes Wachstum. Es war jedoch nicht klar zu erkennen, ob es sich



hierbei um verdichtet gewachsene Zellen von *Bacillus cereus* oder um Fremdorganismen handelte. Da die Verdichtung aber auf beiden Platten sehr ähnlich aussah, liess sich auf *B.cereus* schliessen.

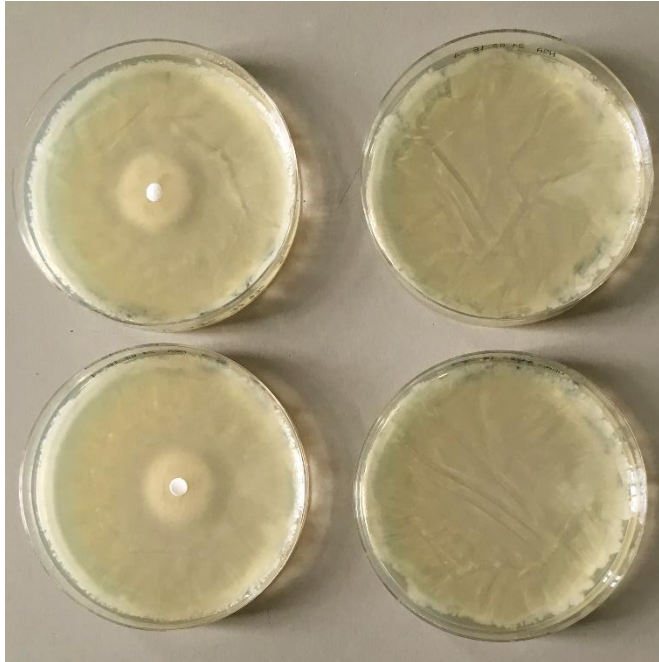


Abbildung 38: *Bacillus cereus*, links mit Ingwersaft Pad, rechts Kontrollplatten ohne Saft

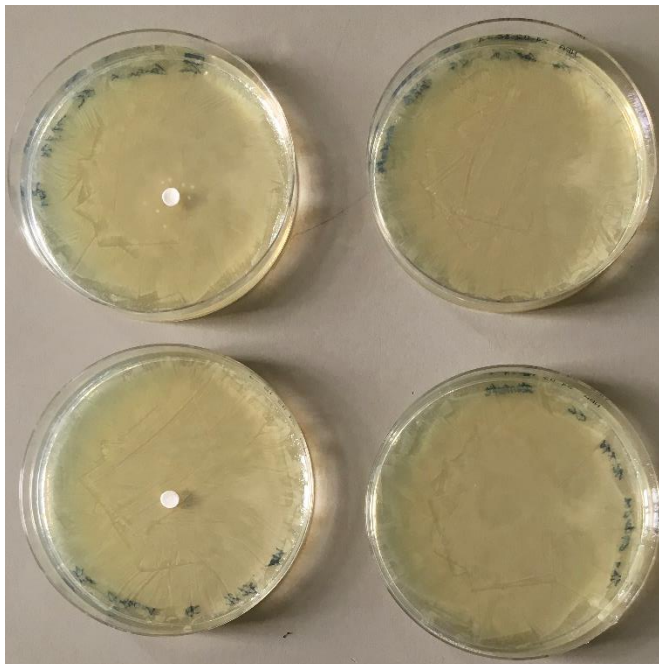


Abbildung 39: *Escherichia coli*, links mit Ingwersaft Pad, rechts Kontrollplatten ohne Saft

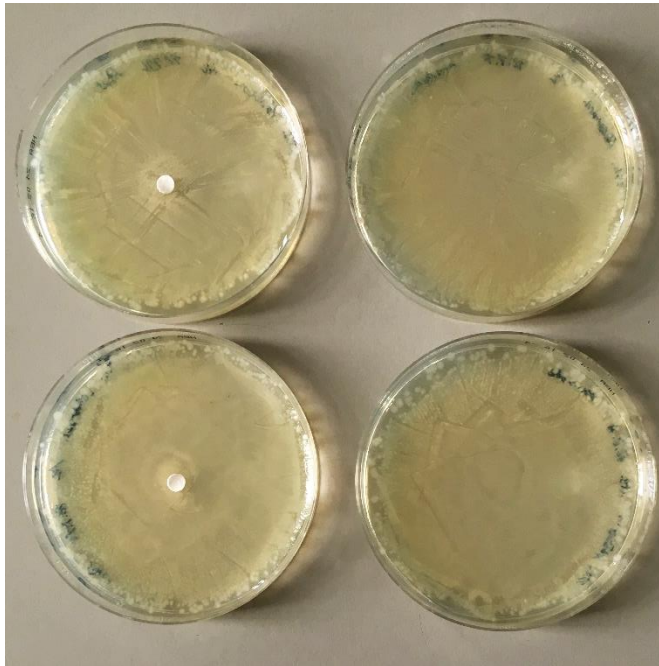


Abbildung 40: *Micrococcus luteus*, links mit Ingwersaft Pad, rechts Kontrollplatten ohne Saft

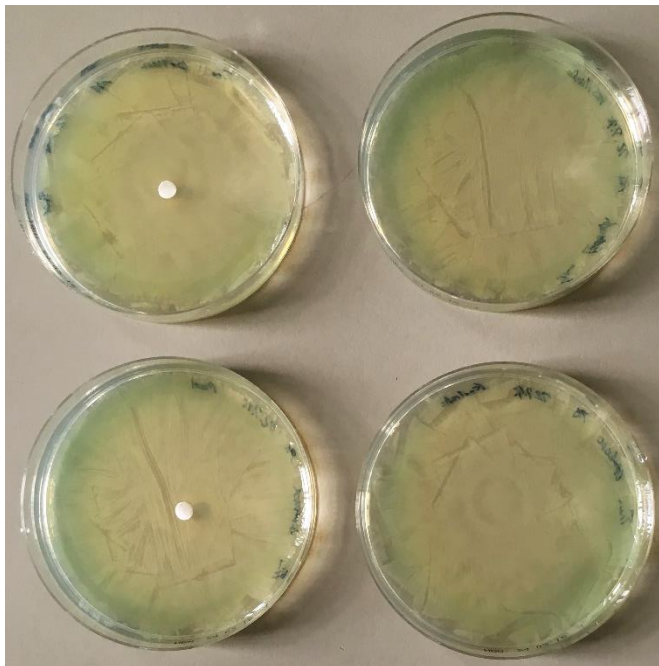


Abbildung 41: *Pseudomonas aeruginosa*, links mit Ingwersaftpad, rechts Kontrollplatten ohne Saft

## 6. Diskussion

### 6.1 Die fehlenden Bakterien in Versuch 1

In Versuch 1 konnten auf verschiedenen Kontrollplatten keine gewachsenen Bakterienkulturen ausgemacht werden, obwohl auf dem Nährboden Spuren des Ausstrichs vorhanden waren. Das ausbleibende Wachstum ist darauf zurückzuführen, dass die Verdünnungsreihe in PBS Lösung vor dem Ausplattieren angelegt wurden. Somit verbrachten einige Bakterienarten 1-2 Stunden in PBS Lösung, was sie nicht überlebten. Somit wurde zwar eine

Lösung mit Bakterien ausplattiert, diese waren aber zu diesem Zeitpunkt bereits tot und konnten daher nicht wachsen. Aus diesem Grund wurden für die weiteren Versuche LB Lösung für die Verdünnungsreihen verwendet.

## 6.2 Die Sterilität des Saftes

Es wurde angenommen, dass der Ingwersaft, welcher nur grob gefiltert, nicht aber durch einen Sterilfilter filtriert wurde, eine relativ hohe Konzentration von Mikroorganismen enthält. Aus diesem Grund wurde der Saft von Anfang an sterilfiltriert. In Versuch 2 wurde absichtlich auf eine Sterillisation verzichtet, um den Grad der Besiedelung von Mikroorganismen im Saft zu zeigen.

In den Versuchen zeigte sich, dass sich die Sterilisation des Ingwersaftes als sehr schwierig erwies. Die grosse Anzahl an fremden Kolonien auf den Platten mit Ingwersaft rührte entweder von unsorgfältiger Arbeit oder aber, dass sich im Saft Bakterienarten befinden, welche den Filter passieren konnten. Auf Grund der jeweils sehr ähnlichen Muster der Kontamination in verschiedenen Versuchen, obwohl der Saft pro Versuch aus mindestens vier verschiedenen sterilen Eppendorf Tubes stammte, wobei wiederum in jedes Tube der Saft mit einem anderen Filter filtriert wurde, lag die Vermutung eines materialtechnischen Defektes nahe. Es ist jedoch zu erwähnen, dass sich die verwendeten Sterilfilter laut PROF. DR. T. OCHSENREITER, Leiter der Forschungsgruppe, welche im Labor arbeitet, in dem die Versuche zu dieser Arbeit durchgeführt wurden, in vorherigen Anwendungen immer bewährt hatten und noch nie eine derartige Kontamination entdeckt wurde. Abschliessend zum Thema Sterilität des Saftes kann aber gesagt werden, dass die Kontamination des Ingwersaftes sich zwar eher gegen die These dieser Arbeit stellt – falls diese stimmen würde, würde ja trotz der Kontamination des Saftes nichts, oder jedenfalls nicht in diesem Umfang, darin heranwachsen – sie aber die Resultate der Untersuchung auf Hemmung des Saftes auf die verwendeten Bakterien nicht verfälscht, da die verwendeten Bakterienarten von jenen aus der Kontamination unterschieden werden konnten.

## 6.3 Keine Hemmung erkennbar

Es war in keinem Versuch eine hemmende Wirkung des Ingwersaftes auf eine der verwendeten Bakterienarten erkennbar. Dies obwohl frühere Arbeiten (siehe 3.1.4, Seite 3) klare Hemmungen beweisen. Dabei muss jedoch der grosse Unterschied zu dieser Arbeit beachtet werden, dass in jenen Arbeiten explizit verschiedene Extraktionsmethoden angewendet worden sind und anschliessend die Extrakte auf eine antibakterielle Wirkung untersucht wurden. So konnten spezifische Stoffe gewonnen und getestet werden (siehe 3.1.3, Seite 3). In dieser Arbeit hingegen sollte das Potential von Ingwersaft als Ganzes zur Anwendung als Desinfektionsmittel untersucht werden, wobei für eine allfällige antibakterielle Wirkung der *komplette* Saft in Frage kommen sollte. Das heisst, dass ebenfalls Stoffe im Saft enthalten sein können, welche allenfalls das Wachstum der Bakterien begünstigen und die auf Grund der

spezifischen Extraktionsmethoden in den früheren Arbeiten gar nicht in den damals getesteten Extrakten enthalten waren. Solche Stoffe könnten beispielsweise sein: Vitamine, Zucker, Proteine und Mineralien. Weiter konnte bei den früheren Arbeiten die Menge einer einzelnen Stoffgruppe stark erhöht oder vermindert werden. Als Beispiel bei der Arbeit von CHAKRABORTY ET AL. (2014): Wurde nur die Wirkung des Extraktes von H<sub>2</sub>O getestet, so waren darin nur polare Moleküle enthalten. Bei Tests mit dem ganzen Saft ist der Anteil dieser Moleküle immer konstant. Es kann somit angenommen werden, dass Ingwersaft als Ganzes das Bakterienwachstum auf Grund der Zusammensetzung und der Mengenverhältnisse der Inhaltsstoffe nicht hemmt.

## 7. Fazit

So vielversprechend Ingwer als Hausmittel eingesetzt wird und auch mehr oder weniger wirkt, als natürliches Desinfektionsmittel, wie zum Beispiel Zitronensaft, taugt der Saft des Ingwers in seiner kompletten Zusammensetzung nicht. Jedoch in seine Einzelteile zerlegt, ist ein bestimmtes Potential vorhanden.

## 8. Danksagung

Ich möchte mich bei allen Personen bedanken, welche mich bei meiner Arbeit geduldig unterstützt haben. Ein spezieller Dank geht dabei an Herrn Prof. Dr. Torsten Ochsenreiter vom Zellbiologischen Institut der Universität Bern, der mir bei den Arbeiten im Labor mit Rat und Tat zur Seite stand und an meine Betreuerin Frau Christine Keller, Lehrperson Biologie am Gymnasium Hofwil.

## 9. Quellenverzeichnis

### 9.1 Bilder

Abbildung 1: KÖHLER Franz Eugen, *Köhlers Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen und kurz erläuterndem Texte*, 1883-1914, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zingiber\\_officinale\\_-\\_K%C3%B6hler%E2%80%93s\\_Medizinal-Pflanzen-146.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zingiber_officinale_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-146.jpg), Stand 31.08.2016

Abbildung 2: MÜLLER Frank C., 2008, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ingwer\\_2\\_fcm.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ingwer_2_fcm.jpg), Stand 31.08.2016

Abbildung 3-41: LÄDERACH Timo, 2016

Titelseite: LÄDERACH Timo, 2016

## 9.2 Literatur

### 9.2.1 Bücher

GOODFELLOW Michael, KÄMPFER Peter, BUSSE Hans-Jürgen, TRUJILLO Martha E., SUZUKI Ken-Ichiro, LUDWIG Wolfgang, WHITMAN William B., *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Springer, 2012: 2nd Edition, Volume 5, S. 574-575

DE VOS Paul, GARRITY George M., JONES Dorothy, KRIEG Noel R., LUDWIG Wolfgang, RAINEY Fred A., SCHLEIFER Karl-Heinz, WHITMAN William B., *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Springer, 2009: 2nd Edition, Volume 3, S. 95-96 und S. 400-401

### 9.2.2 Facharbeiten

CHAKRABORTY Biswajit, NATH Anupam, SAIKA Himadri, SENGUPTA Mahuya, *Bactericidal Activity of Selected Medicinal Plants Against Multidrug Resistant Bacterial Strains from Clinical Isolates*, Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, Elsevier, 2014: Volume 7, Supplement 1, S. 435-441

MESMO Michele C., CORAZZA Marcos L., NDIYAE Papa M., DALLA SANTA Osmar R., CARDOZO Lúcio, DE PAULA SCHEER Agnes, *Supercritical CO2 Extracts and Essential Oil of Ginger (Zingiber officinale R.): Chemical Composition and Antibacterial Activity*, The Journal of Supercritical Fluids, Elsevier, 2013: Volume 80, S. 44-49

### 9.2.3 Internetseiten

MEDICONSULT.DE/INGWER: <http://www.medicoconsult.de/ingwer/>, Stand 07.08.2016

ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW:  
<http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/zingiber-officinale-ginger>,  
Stand 04.08.2016, Editor: Simpson Dave

WIKIPEDIA, ESCHERICHIA COLI: [https://de.wikipedia.org/wiki/Escherichia\\_coli](https://de.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli),  
Stand 10.08.2016

WIKIPEDIA, INGWER: <https://de.wikipedia.org/wiki/Ingwer>, Stand 04.08.2016

WIKIPEDIA, PSEUDOMONAS AERUGINOSA:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas\\_aeruginosa](https://de.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_aeruginosa), Stand 10.08.2016

WIKIPEDIA, SALMONELLEN: <https://de.wikipedia.org/wiki/Salmonellen>, Stand 10.08.2016

## 9.3 Tabellen

Tabelle 1: LÄDERACH Timo, 2016