

**Das Mikrobiom, Hygiene und Antibiotika –
Unterrichtsmaterialien und Experimente für die Schule**

DIPLOMARBEIT

Zur Erlangung des akademischen Grades
einer Magistra der Naturwissenschaften

eingereicht bei Frau
Mag. Dr. Sigrid Neuhauser
Institut für Mikrobiologie
Fakultät für Biologie
der Universität Innsbruck

eingereicht von
Julia Jörg
1016815

Innsbruck, Jänner 2016

3.6. Unterrichtsmaterial Antibiotika

Am 18. November findet jedes Jahr der „Europäische Antibiotikatag“ statt. Dieser verfolgt das Ziel, den Menschen und Ärzten bewusst zu machen, dass mit dem Arzneimittel vorsichtig und mit Bedacht umgegangen werden soll (Bundesministerium für Gesundheit, 2013). Je nach Einordnung in den Lehrplan könnte im Unterricht auf den „Europäischen Antibiotikatag“ hingewiesen werden und in diesem Zusammenhang das Thema in der Schule erarbeitet werden.

3.6.1. Stundenbilder Antibiotika

Einordnung in den Lehrplan: Die Unterrichtseinheiten zum Thema Antibiotika werden laut Lehrplan in die 7. Klasse Oberstufe eingeordnet. Die SchülerInnen sollen Kenntnisse über Bakterien als Krankheitserreger und deren Behandlung mittels Antibiotika erlangen (Bundesministerium für Bildung und Frauen, 2015).

Unterrichtseinheit 1, Klasse: 7. Klasse Oberstufe AHS, Dauer: 50 Minuten

Tab. 4: Stundenbild Antibiotika, Unterrichtseinheit 1.

Phase	Zeit	Inhalt	Methode	Lernziel	Material
5	2'	Begrüßung und Einleitung: Brainstorming	Nach der Begrüßung der SchülerInnen wird erläutert, dass in der heutigen Stunde das neue Thema Antibiotika begonnen wird. Die Lehrperson schreibt das Wort Antibiotika groß an die Tafel und fragt die SchülerInnen was sie mit diesem Begriff in Verbindung bringen. Die von den SchülerInnen genannten Begriffe werden an der Tafel notiert.	Das Brainstorming bietet eine erste Annäherung an das neue Thema. Ein grober Standpunkt der SchülerInnen, was sie mit dem Begriff Antibiotika assoziieren, kann so herausgefiltert werden. Die SchülerInnen können beliebige Begriffe nennen, welche ihnen zum Thema einfallen. Die Lehrperson weiß durch diese Methode, auf welche Punkte in den weiteren Unterrichtseinheiten ev. genauer eingegangen werden kann.	Tafel Kreide

6	30'	<p>Erarbeitung wichtiger Sachinhalte zum Thema Antibiotika und Antibiotikaresistenzen mittels Power-Point</p>	<p>Die Power-Point-Präsentation wird mittels Beamer in der Klasse gezeigt. Die einzelnen Folien sind so gemacht, dass mit dem ersten Klick nur die Überschrift erscheint und mit dem zweiten Klick erst der restliche Text sowie die Abbildungen. Die Lehrperson kann nun die Überschrift auf der Folie erscheinen lassen und mit den SchülerInnen einen Fragen-entwickelnden Unterricht ausführen. Gemeinsam mit der Klasse können unterschiedliche Sachverhalte zum Thema erarbeitet und diskutiert werden: Was sind Antibiotika? Wie wurden sie entdeckt? Wie ist ihre Wirkung? Ist Antibiotika ein Allheilmittel? Was sind Antibiotikaresistenzen und wie kann man diese vermeiden?, etc.</p>	<p>Durch den Fragen-entwickelnden Unterricht sind die SchülerInnen zum aktiv mitarbeiten und mitdenken aufgefordert. Für die Lehrperson ergibt sich aus dieser Unterrichtsmethode der Vorteil, dass sie den SchülerInnen auch die Möglichkeit bieten kann von eigenen Erfahrungen mit Antibiotika zu erzählen. So kann eine Verbindung zwischen der Alltagswelt der SchülerInnen und dem fachlichen Inhalt hergestellt werden.</p>	<p>Power-Point: Antibiotika und Antibiotikaresistenzen (entweder auf USB, per Mail oder via Dropbox)</p>
7	15'	<p>Arbeitsblatt: Antibiotika und Antibiotikaresistenzen sowie Besprechung des Arbeitsblattes</p>	<p>Nach der Power-Point Präsentation erhalten die SchülerInnen das Arbeitsblatt zum Thema. Dieses lesen sie sich durch und füllen die fehlenden Worte in die Lücken ein. Das Arbeitsblatt wird im Anschluss mit der gesamten Klasse besprochen und überprüft, ob die richtigen Worte eingefüllt wurden. Dazu kann ein SchülerIn jeweils einen Satz mit der Lücke vorlesen und das fehlende Wort einfügen.</p>	<p>Das Arbeitsblatt dient zur Stoffsicherung und zur Wiederholung des zuvor besprochenen Stoffes. Das Arbeitsblatt wird in das Heft einklebt, damit es nicht verloren geht und die SchülerInnen es in der nächsten Stunde wieder dabei haben.</p>	<p>Arbeitsblatt: Antibiotika und Antibiotikaresistenzen</p>
8	3'	<p>Abschluss der Stunde</p>	<p>Falls noch offene Fragen der SchülerInnen zum Thema vorhanden sind, können diese noch geklärt werden. Ansonsten werden die SchülerInnen verabschiedet und die Stunde beendet.</p>	<p>Unklarheiten können in den letzten Minuten noch geklärt werden sowie dient die Verabschiedung der Beendigung der Stunde.</p>	<p>Mündlich</p>

Unterrichtseinheit 2, Klasse: 7. Klasse Oberstufe AHS, Dauer: 50 Minuten

Tab. 5: Stundenbild Antibiotika, Unterrichtseinheit 2.

Phase	Zeit	Inhalt	Methode	Lernziel	Material
1	5'	Begrüßung und Gruppeneinteilung	In dieser Stunde werden Experimente zum Thema Antibiotika durchgeführt. Die Klasse wird dazu in vier Gruppen zu je 5 SchülerInnen eingeteilt (Annahme: Die Klasse besteht aus 20 SchülerInnen – die Gruppengrößen sowie die Anzahl der Gruppen sind variabel je nach Klassengröße einteilbar). Zur Einteilung können beliebige Methoden verwendet werden oder es kann einfach nach Bankreihen, Katalognummern, etc. eingeteilt werden.	Aufgrund der Begrüßung wissen die SchülerInnen, dass die Stunde beginnt und was sie in dieser Stunde erwarten wird. Die Einteilung der Gruppen wird gleich zu Beginn der Stunde erledigt, damit die Durchführung der Experimente in Gruppen fortgeführt werden kann.	Mündlich
2	35'	Experiment: Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit	Das Experiment wird nach folgenden Punkten in der Klasse durchgeführt: Austeilung der Materialien, Durchführung des Experimentes sowie Auswertung im Plenum.	Die SchülerInnen lernen durch selbständiges Experimentieren wichtige Aspekte über das Thema Antibiotika kennen. Wichtige Erkenntnisse können durch das Experiment gewonnen werden: Antibiotika wirken nicht gegen Viren und sollten immer fertig eingenommen werden, etc.	
	5'	<ul style="list-style-type: none"> Austeilen von Materialien und Arbeitsblätter 	Die SchülerInnen erhalten pro Gruppe die angegebenen Materialien. Die Pipettenfläschchen für jeden Patienten mit den jeweiligen	Die Materialien und Arbeitsblätter werden gleich zu Beginn des Experimentes ausgeteilt. So hat jede Gruppe	Angaben pro Gruppe: 4x Agarplatten, 4x Schablonen, Stifte zum

	<p>Antibiotikakonzentrationen bleiben vorne am Pult stehen. Jede Gruppe kann sich während des Experimentes die jeweilige Fläschchen des Patienten holen und nach der Verwendung wieder zurück stellen.</p>	<p>die benötigten Materialien und Unterlagen und kann in Folge ungestört mit dem Experiment beginnen.</p>	<p>Beschriften, Lineal Aufgabenstellung, Arbeitsblatt 20x Pipetten- fläschchen, die am Pult bereitstehen</p>
20'	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung des Experimentes 	<p>Die erste Aufgabe besteht darin, die Aufgabenstellung durchzulesen und mithilfe dieser das Experiment durchzuführen. Im Anschluss wird das Arbeitsblatt ausgearbeitet. Wichtig hierbei ist, den SchülerInnen vor dem Experiment zu sagen, wieviel Zeit sie für das Experiment bekommen, damit sie sich ihr Arbeitstempo einteilen können.</p>	<p>Die Lehrperson hält sich während dieser Unterrichtsphase im Hintergrund, steht aber dennoch während des Experimentes für Fragen zur Verfügung.</p>
10'	<ul style="list-style-type: none"> • Auswertung in der Gruppe 	<p>Das Experiment und das Arbeitsblatt werden nach der Erarbeitung im Plenum besprochen und erläutert. Unterstützende Fragestellungen für die Lehrperson finden sich im Anhang der Lösung des Arbeitsblattes.</p>	<p>Die SchülerInnen können aufgrund der Besprechung im Plenum überprüfen, ob sie das Arbeitsblatt richtig erarbeitet haben. Zudem können auftretende Fragen und Unklarheiten besprochen werden.</p>
3	<p>Demonstration und Besprechung des Experimentes im Plenum: Bestimmung der</p>	<p>Die SchülerInnen kommen nun alle nach vorne an das Pult und stellen sich um dieses herum. Die Lehrperson erklärt, was in diesem Versuch</p>	<p>3x Agarplatten, 3x Schablonen, Stift zum Beschriften, Aufgabenstellung,</p>

minimalen Hemm-konzentration	durchgeführt wurde und zeigt den SchülerInnen das Ergebnis. Dieses wird mit der gesamten Klasse besprochen.	Antibiotika ausreichen um die pathogenen Bakterien zu hemmen bzw. abzutöten.	15x Pipettenfläschchen
4	3' Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse	Zum Abschluss der Stunde werden die wichtigsten Erkenntnisse der Experimente wiederholt und letzte offene Fragen seitens der SchülerInnen können beantwortet werden. Dies kann direkt am Pult mit allen SchülerInnen besprochen werden.	Mündlich
		Mit der Wiederholung von wichtigen Kernaussagen der Unterrichtseinheit wird die Stunde abgerundet sowie eine Verbindung zur vorherigen Stunde hergestellt.	

Anmerkungen:

*ad Experiment in Gruppen: Bestimmung der Antibiotika-empfindlichkeit

In einer 7. Klasse müsste es möglich sein, dass kein Chaos ausbricht, wenn die SchülerInnen nach vorne zum Pult gehen müssen, um sich die jeweiligen Fläschchen zu holen und diese nach dem Gebrauch wieder zurückzustellen. Ansonsten wären 100 Fläschchen für die Klasse notwendig, damit jeder Tisch alle Konzentrationen zur Verfügung hat.

*ad Demonstration und Besprechung des Experimentes im Plenum: Bestimmung der minimalen Hemm-konzentration

Die Lehrperson führt das Experiment bereits zu Hause oder kurz vor der Unterrichtsstunde durch (Zeitbedarf ca. 10-15 min). So steht er während des Unterrichts für die SchülerInnen vollständig zur Verfügung und kann offene Fragen beantworten und bei Unklarheiten weiterhelfen. Falls ausreichend Zeit im Unterricht zur Verfügung steht, können die SchülerInnen beide Versuche innerhalb der Gruppen selber durchführen (zum Beispiel in einem Wahlpflichtfach, in welchem zwei Stunden zur Verfügung stehen). In einer normalen Unterrichtsstunde wird dies aus Zeitgründen nicht möglich sein, da die Unterrichtsstunde auf 50 Minuten begrenzt ist und das erste Experiment zur Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit einiges an Zeit einnehmen wird.

Unterrichtseinheit 3, Klasse: 7. Klasse Oberstufe AHS, Dauer: 50 Minuten

Tab. 6: Stundenbild Antibiotika, Unterrichtseinheit 3.

Phase	Zeit	Inhalt	Methode	Lernziel	Material
9	2'	Begrüßung und Einleitung	Die Lehrperson begrüßt die Klasse und teilt den SchülerInnen mit, dass in der heutigen Stunde am Thema Antibiotika und Antibiotikaresistenzen weitergearbeitet wird. Die SchülerInnen werden aufgefordert, ihre Biologiehefte herauszunehmen.	Die SchülerInnen wissen durch die Einleitung, was für ein Thema in dieser Stunde behandelt wird und, dass sie für die erste Aufgabe ihre Hefte benötigen.	Mündlich
10	20'	Entwurf einer Skizze im Heft zum Thema Antibiotika und Antibiotikaresistenzen	Die Lehrperson schreibt „Einnahme von Antibiotika“ auf die Tafel und skizziert was bei der Einnahme von Antibiotika im Körper mit den Bakterien geschieht. Anschließend wird die Überschrift „Entstehung von Antibiotikaresistenzen“ auf die Tafel geschrieben und die Entstehung skizziert. Die SchülerInnen malen das Tafelbild in ihr Heft und beschriften dieses auch richtig. Die Lehrperson sollte während der Erstellung des Tafelbildes das Gemalte und Geschriebene erläutern und den SchülerInnen zusätzlich mündlich erklären, was bei diesen Vorgängen passiert.	Die SchülerInnen skizzieren die unterschiedlichen Reaktionen der Bakterien im Körper bei einer Behandlung mit Antibiotika. Zusätzlich wird die Entstehung von Resistenzen bildlich dargestellt. Durch das skizzieren im Heft denken die SchülerInnen beim Ablauf selber mit. Zudem wird der Vorgang visualisiert, wodurch die SchülerInnen den Ablauf besser verstehen können. Durch die Beschriftung wissen sie, was bei jedem Schritt passiert.	Tafel Kreide Biologiehefte Mündlich
11	25'	Lesen des Artikels „Neuer Superkeim aufgetaucht“	Die SchülerInnen bekommen den Artikel ausgeteilt und lesen sich diesen durch. Das Thema des Artikels kann im Plenum diskutiert werden. Der Artikel kann wiederum mit der Bedeutung der Verhinderung von Antibiotikaresistenzen	Durch das Lesen des Artikels kann das Thema diskutiert werden und die SchülerInnen können zusätzlich eigene Standpunkte einbringen. Durch die Verknüpfung zu den	Artikel Biologiehefte

<p>verknüpft werden: also mit dem Inhalt der vorherigen Stunden, was jeder SchülerIn selber dagegen tun kann. Natürlich kann hier jeder beliebige, aktuelle und zum Thema passende Artikel verwendet werden (eine weitere Linkliste ist im Hintergrundwissen für die Lehrperson angegeben).</p>	<p>vorherigen Stunden wird der Stoff nochmals wiederholt und wichtige Sachverhalte erneut festgehalten.</p>
<p>12 3' Abschluss der Stunde</p>	<p>Die SchülerInnen kleben den Artikel in ihr Heft. Falls es noch offene Fragen gibt, werden diese noch beantwortet und anschließend die Klasse verabschiedet.</p> <p>Offene Fragen können noch geklärt werden und die SchülerInnen wissen zudem, dass die Stunde nun zu Ende ist.</p> <p>Mündlich</p>

Antibiotika und Antibiotikaresistenzen

Antibiotika sind Medikamente, welche _____ Infektionen bekämpfen. Das Wort leitet sich vom griechischen *anti* „gegen“ und *biotic* „Leben“ ab.

Entdeckung

Das erste Antibiotikum, das Penicillin, wurde von dem Wissenschaftler _____ im Jahr 1928 entdeckt. Als er von seinem Urlaub zurückkam, wuchs Schimmel auf seinen *Staphylococcus* Agarplatten. Dabei fiel ihm auf, dass das bakterielle Wachstum der Bakterien in der Nähe des Schimmels _____ wird.

Wirkung

Antibiotika haben unterschiedliche Wirkungsbereiche:

- _____ (Breitbandantibiotikum):
wirken gegen viele verschiedene Bakterien (Bsp. Penicillin)
- _____:
wirken nur gegen wenige, nahe verwandte Bakterien (Bsp. Isoniazid)

Antibiotika wirken auf 2 Arten:

- _____: Bakterien werden getötet
- _____: Wachstum der Bakterien wird gehemmt

Antibiotika: ein Allheilmittel?

Allerdings fügt eine _____ von Antibiotika unseren körpereigenen und guten Bakterien einen Schaden zu. Denn viele Antibiotika, welche von einem Arzt verschrieben werden, haben ein breites Wirkungsspektrum. Diese töten die schlechten und krankmachenden Bakterien – aber zugleich auch die guten, körpereigenen Bakterien. Wenn weniger gute Bakterien im Körper vorhanden sind, bleibt mehr Platz für die schlechten Mikroben!

Antibiotikaresistenzen

Viele Bakterien haben die Fähigkeit _____ gegenüber Antibiotika zu entwickeln. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der Bakterienstamm „MRSA“ (**M**ethicillin-resistenter **S**taphylococcus **a**ureus). Staphylococcus aureus hat hier, gegen das Antibiotikum Methicillin eine Resistenz entwickelt, was eine Behandlung unmöglich macht. Als häufiger Krankenhauskeim ist dieser Keim für viele tausende Todesfälle weltweit verantwortlich.

Ursachen der Resistenzen

- _____
 - Wenn Antibiotika bei Infektionen eingenommen werden, bei denen sie gar nichts nützen
 - → Zum Beispiel bei Grippe, da diese in den meisten Fällen von Viren – und nicht von Bakterien – ausgelöst werden

- _____
 - Wenn nicht die gesamte, verschriebene Packung fertig genommen wurde
 - Wenn irgendwelche Antibiotika eingenommen, welche nicht vom Arzt verschrieben worden sind

Maßnahmen gegen Antibiotikaresistenzen

(!) Antibiotika sollten nur verwendet werden, wenn sie _____ sind!
Viele Infektionen werden von alleine wieder besser durch Zeit, Bettruhe, Flüssigkeitszunahme oder eine gesunde Lebensweise.

(!) Antibiotika nur einnehmen, wenn sie von einem Arzt verschrieben wurden.

(!) Wenn Antibiotika verschrieben wurden, immer die _____ fertignehmen. Bei einer Besserung des Zustandes nicht mit der Einnahme stoppen!

(!) Keine Antibiotika von Anderen oder eine übriggebliebene Packungen verwenden, denn jedes Antibiotikum hat eine spezifische Wirkung für die jeweilige Infektion.

Antibiotika und Antibiotikaresistenzen

Antibiotika sind Medikamente, welche *bakterielle* Infektionen bekämpfen. Das Wort leitet sich vom griechischen anti „gegen“ und biotic „Leben“ ab.

Entdeckung

Das erste Antibiotikum, das Penicillin, wurde von dem Wissenschaftler *Alexander Fleming* im Jahr 1928 entdeckt. Als er von seinem Urlaub zurückkam, wuchs Schimmel auf seinen *Staphylococcus* Agarplatten. Dabei fiel ihm auf, dass das bakterielle Wachstum der Bakterien in der Nähe des Schimmels *gehemmt* wird.

Wirkung

Antibiotika haben unterschiedliche Wirkungsbereiche:

- *Breites Wirkungsspektrum* (Breitbandantibiotikum):
wirken gegen viele verschiedene Bakterien (Bsp. Penicillin)
- *Begrenztes Wirkungsspektrum*:
wirken nur gegen wenige, nahe verwandte Bakterien (Bsp. Isoniazid)

Antibiotika wirken auf 2 Arten:

- *Bakterizid*: Bakterien werden getötet
- *Bakteriostatisch*: Wachstum der Bakterien wird gehemmt

Antibiotika: ein Allheilmittel?

Allerdings fügt eine *zu häufige Einnahme* von Antibiotika unseren körpereigenen und guten Bakterien einen Schaden zu. Denn viele Antibiotika, welche von einem Arzt verschrieben werden, haben ein breites Wirkungsspektrum. Diese töten die schlechten und krankmachenden Bakterien – aber zugleich auch die guten, körpereigenen Bakterien. Wenn weniger gute Bakterien im Körper vorhanden sind, bleibt mehr Platz für die schlechten Mikroben!

Antibiotikaresistenzen

Viele Bakterien haben die Fähigkeit *Resistenzen* gegenüber Antibiotika zu entwickeln. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der Bakterienstamm „MRSA“ (**M**ethicillin-**r**esistenter **S**taphylococcus **a**ureus). Staphylococcus aureus hat hier, gegen das Antibiotikum Methicillin eine Resistenz entwickelt, was eine Behandlung unmöglich macht. Als häufiger Krankenhauskeim ist dieser Keim für viele tausende Todesfälle weltweit verantwortlich.

Ursachen der Resistenzen

- *Zu häufiger Gebrauch*
 - Wenn Antibiotika bei Infektionen eingenommen werden, bei denen sie gar nichts nützen
 - → Zum Beispiel bei Grippe, da diese in den meisten Fällen von Viren – und nicht von Bakterien – ausgelöst werden

- *Falsche Verwendung*
 - Wenn nicht die gesamte, verschriebene Packung fertig genommen wurde
 - Wenn irgendwelche Antibiotika eingenommen, welche nicht vom Arzt verschrieben worden sind

Maßnahmen gegen Antibiotikaresistenzen

(!) Antibiotika sollten nur verwendet werden, wenn sie *wirklich notwendig* sind! Viele Infektionen werden von alleine wieder besser durch Zeit, Bettruhe, Flüssigkeitszunahme oder eine gesunde Lebensweise.

(!) Antibiotika nur einnehmen, wenn sie von einem Arzt verschrieben wurden.

(!) Wenn Antibiotika verschrieben wurden, immer die *gesamte Packung* fertignehmen. Bei einer Besserung des Zustandes nicht mit der Einnahme stoppen!

(!) Keine Antibiotika von Anderen oder eine übriggebliebene Packungen verwenden, denn jedes Antibiotikum hat eine spezifische Wirkung für die jeweilige Infektion.

Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit

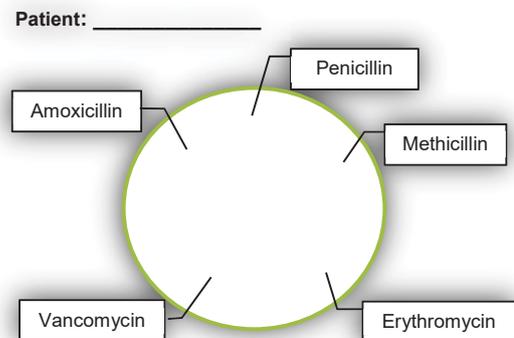


Marie macht in diesem Sommer ein Praktikum in einem Labor im Krankenhaus. Heute soll sie bestimmen, welche Patienten mit welchen Antibiotika behandelt werden sollen. Sie hat die Krankheitserreger der jeweiligen Patienten isoliert und auf einer Agarplatte kultiviert. Helft Marie und dem Arzt nun die richtige Diagnose zu stellen.

Aufgabenstellung

Eure Aufgabe besteht darin, den Antibiotikaempfindlichkeitstest durchzuführen und festzustellen, welche Diagnose zu welchem Patienten gehört:

1. Stellt jede Agarplatte auf eine Schablone und schreibt jeweils den Namen eines Patienten auf das Papier: **Nils Winter, Felix Gruber, Anna Müller** und **Laura Fuchs**.



2. Nehmt die Antibiotikallösungen für den jeweiligen Patienten und füllt das zugehörige, beschriftete Loch in der Agarplatte damit (ca. 1 – 2 Tropfen).
Wiederholt diesen Vorgang für jeden Patienten – achtet darauf, dass ihr immer die richtigen Lösungen in die richtige Vertiefung tropft, sonst kann der Arzt nicht das richtige Antibiotikum verschreiben!
3. Wenn ihr dies erledigt habt, deckt ihr die Agarplatten mit dem Deckel zu und wartet ca. 5 Minuten. In dieser Zeit lest ihr euch das Arbeitsblatt zum Experiment durch.
4. Nun kennzeichnet ihr in der Ergebniskarte der Patienten die Antibiotikaempfindlichkeit für jeden Patienten: empfindlich (= Hemmzone sichtbar) mit einem ✓
unempfindlich (= keine Hemmzone sichtbar) mit einem ×
5. Die nächste Aufgabe besteht darin, den Patienten die entsprechende Diagnose zuzuordnen. Zur Auswahl stehen hierbei: **Influenza, Mandelentzündung, Staphylokokken-Infektion, MRSA**. Versucht aufgrund der Antibiotikaempfindlichkeiten eine passende Diagnose zu finden und begründet, warum ihr welche Diagnose welchem Patienten zuordnen würdet.
6. Nun messt ihr die Größe der verfärbten Zone (=Hemmzone) mit dem Lineal aus und tragt den Wert in die Tabelle des Aufgabenblattes ein.

Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit

Ergebniskarte der Patienten

Name Patient	Antibiotikaempfindlichkeit des Organismus					Diagnose
	Penicillin	Methicillin	Erythromycin	Vancomycin	Amoxicillin	
Nils Winter						
Felix Gruber						
Anna Müller						
Laura Fuchs						

(✓ empfindlich – Hemmzone erkennbar, x unempfindlich – keine Hemmzone sichtbar)

Ergebnisse der Ausmessungen

Patient A:	
Grippe (Influenzavirus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: _____

Patient B:	
Mandelentzündung (Streptococcus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: _____

Patient C:	
MRSA (Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: _____

Patient D:	
Wunde mit Staphylokokken-Infektion (Staphylococcus aureus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: _____

Zusatzinformationen zur Bestimmung der richtigen Diagnose

Influenza

Da Influenza (Grippe) von Viren ausgelöst wird, wirken keine Antibiotika! Antibiotika wirken ausschließlich bei bakteriellen Infektionen. Aufgrund dieser Tatsache kann bei einem Patienten mit Grippe keines der Antibiotika wirken.

Mandelentzündung (*Streptococcus sp.*)

Leichte Mandelentzündungen oder Halsschmerzen kommen ziemlich häufig vor und normalerweise wird der Betroffene ohne die Einnahme von Antibiotika wieder gesund. In schweren oder hartnäckigen Fällen ist allerdings doch die Einnahme von Antibiotika erforderlich. Mandelentzündungen werden von Streptococcus-Bakterien verursacht. Diese Bakterien werden von den meisten Antibiotika abgetötet. Normalerweise verwendet man *Penicillin* zur Behandlung, da es sich hierbei um ein gut verträgliches Antibiotikum handelt.

Staphylococcus aureus – Infektion

Staphylococcus aureus ist ein sehr häufiger Umweltkeim und ist für viele eitrige Infektionen verantwortlich. Da Penicillin als Breitbandantibiotikum oft als „Universalmittel“ verwendet wurde, besitzt inzwischen der Großteil der *Staphylococcus*-Bakterien eine Resistenz gegenüber Penicillin. Aufgrund der nahen chemischen Verwandtschaft von Amoxicillin mit Penicillin wurden die Bakterien auch in kurzer Zeit resistent gegenüber diesem Antibiotikum. Aufgrund der Wirkungsweise ist das Antibiotikum der Wahl gegen *Staphylococcus aureus* – Infektionen heute *Methicillin*.

MRSA (Methicillin resistenter *Staphylococcus aureus*)

Einige Varianten von *Staphylococcus aureus* sind inzwischen gegenüber Methicillin resistent. Methicillin galt lange Zeit als „Notfallantibiotikum“, das nur bei hartnäckigen und lebensbedrohlichen *Staphylococcus aureus* – Infektionen verabreicht wurde, nachdem alle anderen Antibiotika versagt hatten. Daher wird diese besonders gefährliche Variante des Erregers auch „MRSA“, also „Methicillin resistenter *Staphylococcus aureus*“ genannt. MRSA kann heute nur noch durch das Antibiotikum *Vancomycin* bekämpft werden, wobei bereits erste *Staphylococcus aureus* Varianten entdeckt worden sind, die auch hier eine Resistenz entwickelt haben.

Lösungen

Ergebniskarte der Patienten

Name Patient	Antibiotikaempfindlichkeit des Organismus					Diagnose
	Penicillin	Methicillin	Erythromycin	Vancomycin	Amoxicillin	
Nils Winter	×	×	×	×	×	Influenza
Felix Gruber	✓	✓	✓	✓	✓	Mandelentzündung
Anna Müller	×	×	×	✓	×	MRSA
Laura Fuchs	×	✓	✓	✓	×	Staphylokokken-Infektion



(✓ empfindlich – Hemmzone erkennbar, × unempfindlich – keine Hemmzone sichtbar)

Ergebnisse der Ausmessungen

Patient A: Nils Winter	
Grippe (Influenzavirus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: keines

Patient B: Felix Gruber	
Mandelentzündung (Streptococcus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: Penicillin

Patient C: Anna Müller	
MRSA (Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: Vancomycin

Patient D: Laura Fuchs	
Wunde mit Staphylokokken-Infektion (Staphylococcus aureus)	Größe der Hemmzone (mm)
Penicillin	
Methicillin	
Erythromycin	
Vancomycin	
Amoxicillin	

Empfohlenes Antibiotikum: Methicillin

Erläuterungen zu den Ergebnissen der Agarplatten

Nils Winter – Influenza

Da Influenza (Grippe) von Viren ausgelöst wird, helfen hier Antibiotika nicht. Antibiotika wirken ausschließlich bei bakteriellen Infektionen. Aufgrund dieser Tatsache schlägt beim Patienten Nils keines der Antibiotika an.

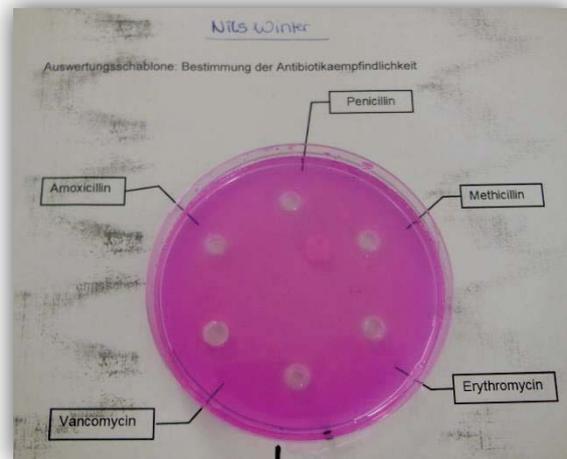


Abb. 13: Ergebnis des Patienten Nils Winter.

Felix Gruber - Mandelentzündung

Mandelentzündungen oder Halsschmerzen kommen ziemlich häufig vor und normalerweise wird der Betroffene von alleine wieder gesund. In ganz schwierigen und hartnäckigen Fällen ist allerdings doch die Einnahme von Antibiotika erforderlich um wieder zu genesen. Streptococcus-Bakterien stellen bei Mandelentzündungen die Pathogene dar. Daher eignet sich in

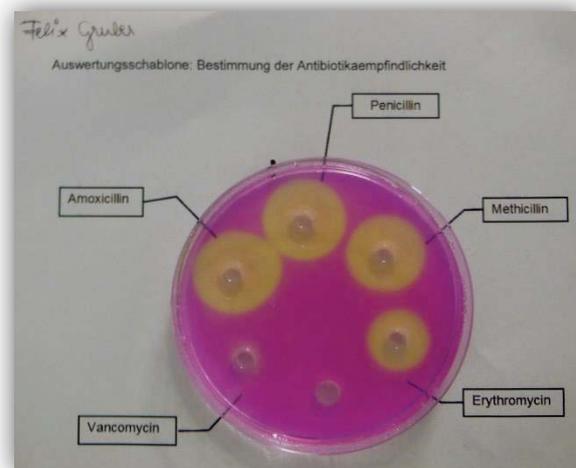


Abb. 14: Ergebnis des Patienten Felix Gruber.

diesem Fall *Penicillin* zur Behandlung, da dieses Antibiotikum die krankheitserregenden Bakterien erfolgreich bekämpfen kann. Wichtig hierbei ist die Tatsache, dass die Bakterien noch keine Resistenz gegenüber den Antibiotika gebildet haben. Bei nur geringen Halsschmerzen sollten allerdings auf keinen Fall Antibiotika eingenommen werden, da diese Schmerzen in den meisten Fällen von Viren ausgelöst werden. Falls bei leichten Schmerzen doch Antibiotika eingenommen werden besteht die Gefahr, dass andere Bakterien eine Resistenz bilden.

Anna Müller - MRSA

Eine Infektion mit dem Bakterium *Staphylococcus aureus* ist eine schwierige Angelegenheit, da dieses Bakterium gegenüber Methicillin resistent ist. In vergangener Zeit wurde für diesen Erreger sehr oft Methicillin verabreicht, wodurch sich die Resistenz entwickeln konnte. Daher auch der Name MRSA, der in ausgeschriebener Form „**M**ethicillin **r**esistenter **S**taphylococcus **a**ureus“

bedeutet. Heute kann das Antibiotikum *Vancomycin* noch eine Wirkung erzielen, wobei bereits erste Organismen entdeckt worden sind, die auch hier eine Resistenz entwickelt haben.

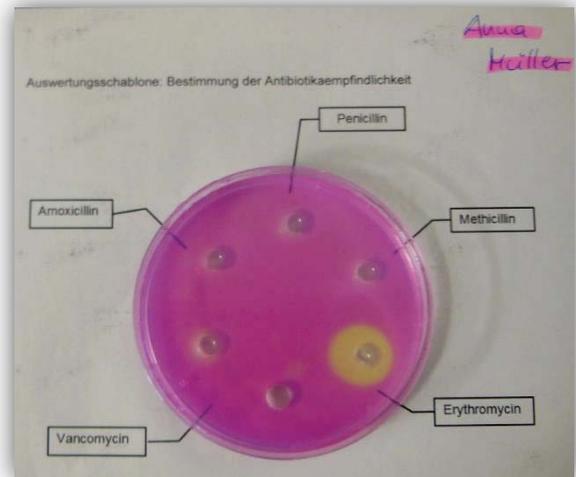


Abb. 15: Ergebnis der Patientin Anna Müller.

Laura Fuchs – Staphylokokken-Infektion

Da in den letzten Jahren Penicillin zu oft als quasi Universalmittel verwendet wurde, bildeten der Großteil der *Staphylococcus*-Bakterien eine Resistenz gegenüber Penicillin. Aufgrund der strukturellen Verwandtschaft von Amoxicillin mit Penicillin wurden die Bakterien auch in kurzer Zeit resistent gegenüber diesem Antibiotikum. Am besten gegen eine Staphylokokken-Infektion ist *Methicillin* zu verwenden.

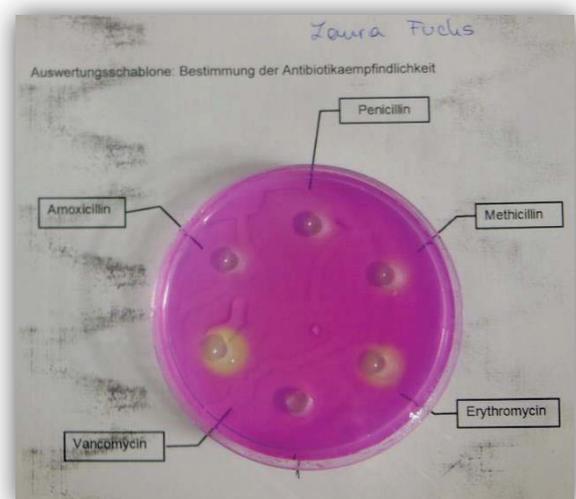


Abb. 16: Ergebnis der Patientin Laura Fuchs.

Erläuternde Fragen zur Diskussion im Plenum

- 1. Antibiotika zeigen keine Wirkung gegenüber Grippe oder Erkältungen. Was sollte der Doktor dem Patienten A (Nils Winter) empfehlen oder verschreiben, damit es ihm wieder besser geht?**

Antibiotika wirken nur bei bakteriellen Infektionen und nicht bei Grippe, da diese durch einen Virus ausgelöst wird. Gegen eine Grippe wirkt Tamiflu, ein Virostatikum. Husten und Erkältungen („grippaler Infekt“) werden auch meistens durch Viren verursacht. In den allermeisten Fällen bekämpft der Körper bzw. das eigene Immunsystem solche Erkrankungen selber. Hier helfen verschiedene Medikamente oder Arzneimittel um die Symptome zu mildern (Aspirin, NeoCitran, etc.). Schmerztabletten, die Paracetamol oder Ibuprofen enthalten, können zum Beispiel gegen die Schmerzen oder das Fieber verwendet werden. Allerdings sind hier Antibiotika auf keinen Fall einzunehmen – außer auf ärztlichen Rat.

- 2. Methicillin wird normalerweise bei einer Staphylokokken-Infektion zur Behandlung verwendet. Was würde allerdings passieren, wenn Patient C (Anna Müller) Methicillin einnehmen würde?**

Gar nichts! Da MRSA (Methicillin resistenter Staphylococcus aureus) eine Resistenz gegenüber dem Antibiotikum Methicillin entwickelt hat, hätte dies keine Wirkung auf die Erkrankung. Infektionen mit MRSA werden immer schwieriger zu behandeln, da die Infektion immer weiter fortschreitet. Vancomycin stellt eines der letzten effektiven und wirksamen Antibiotika zur Behandlung dar, wird aus diesem Grund allerdings nur in Ausnahmefällen verwendet.

- 3. Wenn du noch ein paar Tabletten Penicillin von deiner vorherigen Mandelentzündung übrig hättest (was du nicht solltest!) oder Tante Mizi noch welche in ihrer Reiseapotheke übrig hätte, würdest du diese zur Behandlung einer Infektion einer Wunde in deinem Bein einnehmen? Begründe deine Antwort.**

Nein, man sollte nie Antibiotika verwenden, welche man von anderen Personen bekommen oder für eine andere Erkrankung verschrieben bekommen hat. Es gibt äußerst viele verschiedene Antibiotika, die für unterschiedliche bakterielle Infektionen verwendet werden. Ärzte verschreiben spezifische Antibiotika für

spezielle Krankheiten. Auch die Dosis der Antibiotika und wie lange man sie einnehmen muss, sind hier oft unterschiedlich. Das heißt man sollte nicht einfach irgendwelche Antibiotika einnehmen, da dies kein Garant für die Besserung der Wunde darstellt.

- 4. Patient B (Felix Gruber) hat mit der Einnahme des verschriebenen Penicillins gegen seine Mandelinfektion nach der Hälfte der Packung aufgehört, da er einige leichte Nebenwirkungen (Durchfall, Blähungen) spürte und er sich wieder gesund fühlte. *„Ich habe über die Hälfte der Tabletten genommen, die der Doktor mir für diese Infektion verschrieben hat. Die Infektion verschwand für eine Zeit lang, jedoch ist sie jetzt viel schlimmer als wie zuvor zurückgekehrt!“***

Kannst du erläutern, was hier passiert ist?

Es ist sehr wichtig, dass jede verschriebene Packung an Antibiotika ganz aufgebraucht wird und nicht in der Mitte plötzlich mit der Einnahme aufgehört wird. Wenn nicht die gesamte Dosis eingenommen wird, können nicht alle Bakterien abgetötet werden und möglicherweise entwickeln einige Bakterien Resistenzen gegenüber diesem Antibiotikum für die Zukunft.

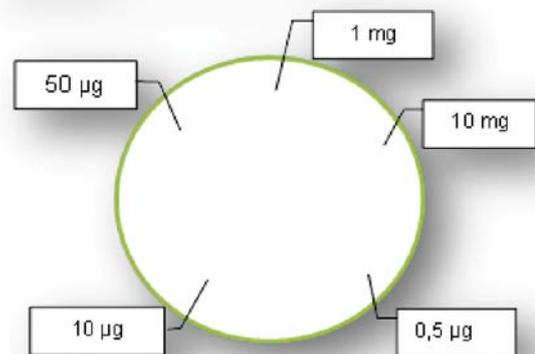
Aufgabenstellung Experiment „Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration“

Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration

Aufgabenstellung

1. Stelle jede Agarplatte auf die Schablone und schreibe den Namen der Bakterien darauf: **E.coli**, **Salmonella** und **Enterococcus**.

Bakterium: _____



2. Nimm die Antibiotikakonzentration für das jeweilige Bakterium und fülle das zugehörige, beschriftete Loch in der Agarplatte damit (ca. 1 – 2 Tropfen).
Wiederhole diesen Vorgang für alle drei Bakterien und achte darauf, dass immer die richtige Konzentration in die dafür vorgesehene Vertiefung tropft.
3. Anschließend verschließt du die Agarplatte mit dem Deckel und wartest 5 Minuten ab.
4. Nun misst du mit dem Lineal die Größe der verfärbten Zone (=Hemmzone) aus und probierst dann festzustellen, welche Konzentration von Antibiotika nötig ist, um die Bakterien abzutöten.

Tafelbild

Einnahme von Antibiotika

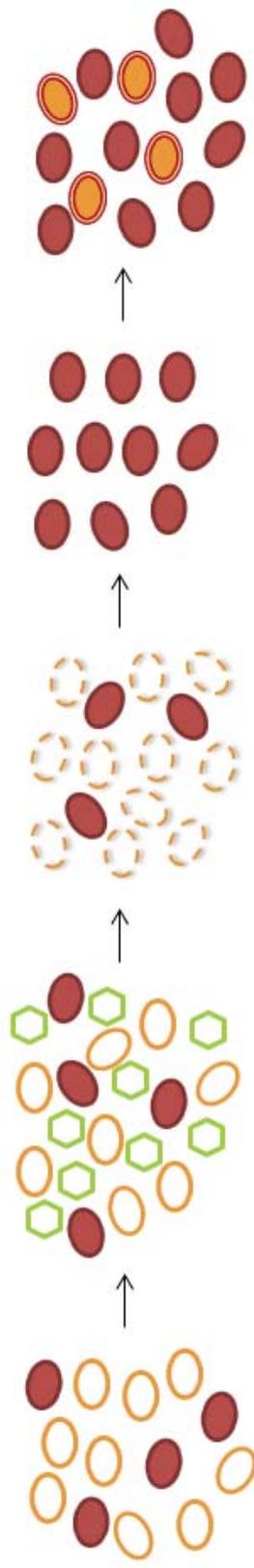


Bakterien verursachen eine Krankheit

Der Arzt verschreibt Antibiotika

Das Antibiotikum tötet die Bakterien ab

Entstehung von Antibiotikaresistenzen



Einige Bakterien sind gegen Antibiotika resistent

Das Antibiotikum wird eingenommen

Bakterien ohne Resistenzen werden abgetötet. Bakterien mit Resistenzen bleiben am Leben

Die resistenten Bakterien können sich weiter vermehren

Resistente Bakterien können ihre Mutationen auf andere Bakterien übertragen, wodurch diese auch resistent werden

Neuer Superkeim aufgetaucht

Multiresistenter MRSA-Erreger ist auch gegen bisher noch wirksames Antibiotikum immun

In Brasilien ist erstmals ein Mensch schwer an einem Staphylococcus aureus-Stamm (MRSA) erkrankt, der auch gegen Vancomycin resistent ist. Das gegen MRSA am häufigsten eingesetzte Antibiotikum wirkt damit gegen ihn nicht mehr. Außerdem besorgniserregend: Dieser neue Superkeim stammt nicht aus dem Krankenhaus, sondern kursiert in der breiten Bevölkerung. Er könnte daher auch gesunde, nicht immungeschwächte Personen befallen, fürchten die Experten.

Vancomycin galt lange Zeit als „Mittel der letzten Wahl“ gegen schwere Krankenhausinfektionen. Vor allem gegen multiresistente Stämme des Bakteriums Staphylococcus aureus (MRSA) war dieses Antibiotikum noch wirksam. Die kugelförmigen Mikroben finden sich auf Haut und Schleimhäuten von bis zu 30 Prozent aller Menschen, sind dort jedoch meist unschädlich. Bei immungeschwächten Patienten jedoch können die Bakterien schwere Hautinfektionen, Lungen- und Herzentzündungen und eine tödliche Blutvergiftung auslösen.

Superkeime auch außerhalb des Krankenhauses

Bisher gab es solche MRSA-Fälle vor allem in Krankenhäusern – dort, wo schwerkranke Patienten mit geschwächtem Immunsystem liegen. Doch zunehmend erkranken auch Patienten, die sich außerhalb des Krankenhauses mit MRSA angesteckt haben. Studien zeigen, dass für eine Infektion mit diesem "community-associated" MRSA schon einfacher Hautkontakt, beispielsweise beim Sport, ausreichen kann.

In Brasilien haben Forscher nun einen Fall einer schweren MRSA-Erkrankung beobachtet, der aus zwei Gründen besorgniserregend ist: Der 35-jährige Mann litt an einer MRSA-Infektion, die sich nicht mehr durch das Antibiotikum Vancomycin behandeln ließ. DNA-Analysen enthüllten, dass der Erreger ein Genstück in sich trug, das ihn gegen das Vancomycin immun machte, wie die Forscher berichten.

Wachsamkeit ist geboten

"Dies ist die erste Infektion des Blutstroms mit einem hochgradig Vancomycin-resistenten MRSA-Bakterium, von der wir wissen", erklärt Studienleiter Cesar A. Arias, vom University of Texas Health Science Center in Houston. "Wenn wir Vancomycin verlieren, dann wird es sehr schwer und teuer, diese Infektionen zu behandeln."

Die Tatsache, dass es sich um die leicht übertragbare, außerhalb des Krankenhauses vorkommende Variante des Erregers handelt, sei ein Grund mehr zur Sorge. "Die schlimmste mögliche Resistenz ist nun auch in dem community-associated MRSA-Stamm aufgetaucht", konstatiert Koautorin Barbara Murray von der University of Texas. Die Präsenz und Verbreitung eines community-associated MRSA-Stamms mit Vancomycin-Resistenz könne ein schwerwiegendes Problem für die öffentliche Gesundheit werden. Noch ist nur ein Fall einer solchen Infektion bekannt. Dennoch sei es nun nötig, in Südamerika und weltweit MRSA-Fälle besonders intensiv zu überwachen, um eine mögliche Ausbreitung dieses Superkeims rechtzeitig zu bemerken, so die Forscher.

Quelle: Scinexx.de: <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-17473-2014-04-22.html>, zugegriffen am 30.12.15. (New England Journal of Medicine, 2014; doi: 10.1056/NEJMoa1303359)

3.6.3. Vorbereitung und Ergebnisse der Experimente

Vorbereitung des Experimentes: Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit

Da die Zahl der SchülerInnen in einer Klasse und somit auch die Anzahl der Gruppen variiert, werden die Materialien immer pro Gruppe angegeben, um eine einfache Anpassung an die Klassen- bzw. Gruppengröße zu ermöglichen.

Aus Sicherheitsgründen werden den SchülerInnen natürlich keine echten Antibiotika und antibiotikaresistenten Keime ausgeteilt. Das Experiment basiert auf einem Farbumschlag des Phenolrots nach gelb/orange bei Kontakt mit Säuren, der aber der Reaktion der Bakterien im mikrobiologisch-diagnostischen Labor täuschend ähnlich sieht.

Ziel des Experimentes ist es, den SchülerInnen klar zu machen wie Antibiotika wirken – das heißt im Bereich des Farbumschlages wachsen keine Bakterien. Das zeigt wiederum an, dass dieses Antibiotikum gegen die jeweiligen Bakterien wirksam ist. Das Fehlen eines Farbumschlages zeigt an, dass die Bakterien unbeeindruckt von dem Antibiotikum weiterwachsen.

1. Vorbereitung für die Versuche:

Benötigte Materialien:

- 4 Petrischalen pro Gruppe
- Agar-Agar
- Phenolrot
- Korkbohrer oder anderes Werkzeug um ca. 5mm große Löcher auszustechen (z.B. Strohhalm, Rohr, Hülle eines Kugelschreibers, etc.)
- Salzsäure (0,05%, 1%, 5%, 10%)
- 20 Pipettenfläschchen
- Stift zum Beschriften

(Anmerkung zu Agar-Agar: Agartine ist günstig im Lebensmittelhandel erhältlich. Eine Packung mit 3 Säckchen á 10g kosten ca. 2€ - 10g reichen für 500mL Nährmedium, das entspricht in etwa 25 Petrischalen)

Vorbereitung der Agarplatten:

1. Für je 4 Agarplatten 80 ml Wasser nach der Anleitung des Herstellers mit Agar-Agar vermischen, aufkochen (Mikrowelle, Herd) und auf ca. 50-60°C abkühlen lassen. (Anm.: immer mit rund 20ml Wasser pro Agarplatte rechnen; d.h. für 20 Platten können 500ml Wasser mit 10g Agar vermischt werden)
2. Anschließend 2 – 4%iges Phenolrot (etwa 10 Tropfen) dazugeben, damit sich das Agarmedium tiefrot bis dunkelorange färbt, und dann gut durchmischen.
3. Je ca. 20 ml des Mediums in die Petrischalen gießen und auskühlen lassen (am besten über Nacht auskühlen lassen; die Platten sind im Kühlschrank für ca. 1 Woche haltbar).
4. Sobald das Agarmedium fest geworden ist, 5 gleichmäßig verteilte Löcher in jede Agarplatte bohren.
5. Für jede Schülergruppe werden nun vier Petrischalen mit den folgenden Namen beschriftet:

- | | |
|----------------|-----------------|
| a. Nils Winter | c. Felix Gruber |
| b. Anna Müller | d. Laura Fuchs |

Zubereitung der „Antibiotika-lösungen“ (in den Pipettenfläschchen):

1. Für jeden Patient werden jeweils 5 Pipettenfläschchen bereitgestellt. Das ist nötig, da nur Fläschchen mit Säure einen Farbumschlag verursachen werden. Diese Lösungen werden je Patient nur einmal hergestellt und den SchülerInnen an einem zentralen Ort (z.B. am Pult) zur Verfügung gestellt. Die einzelnen Pipettenfläschchen werden mit folgenden Schildern beschriftet:

Nils Winter Penicillin	Nils Winter Methicillin	Nils Winter Erythromycin	Nils Winter Vancomycin	Nils Winter Amoxicillin
Felix Gruber Penicillin	Felix Gruber Methicillin	Felix Gruber Erythromycin	Felix Gruber Vancomycin	Felix Gruber Amoxicillin
Anna Müller Penicillin	Anna Müller Methicillin	Anna Müller Erythromycin	Anna Müller Vancomycin	Anna Müller Amoxicillin
Laura Fuchs Penicillin	Laura Fuchs Methicillin	Laura Fuchs Erythromycin	Laura Fuchs Vancomycin	Laura Fuchs Amoxicillin

2. Die Stammlösungen werden vorbereitet – die Salzsäure wird auf 0,05% HCL, 1% HCL, 5% HCL und 10% HCL mit Wasser verdünnt. Je Gruppe werden ca. 10 mL von jeder Konzentration benötigt.
3. Im nächsten Schritt werden je 5 – 10 ml (je nach Anzahl der Gruppen) der Stammlösungen in die dazu gehörigen, beschrifteten Pipettenfläschchen gegeben.

	Penicillin	Methicillin	Erythromycin	Vancomycin	Amoxicillin
Nils Winter	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser
Felix Gruber	HCl 10%	HCl 5%	HCl 1%	HCl 0,05%	HCl 5%
Anna Müller	Wasser	Wasser	HCl 1%	HCl 0,05%	Wasser
Laura Fuchs	Wasser	HCl 0,05%	HCl 0,05%	HCl 0,05%	Wasser

Wichtig (!): Es muss unbedingt für jeden Patienten die angegebene HCl-(Antibiotika)-Konzentration verwendet werden, sonst stimmen die Ergebnisse der SchülerInnen nicht!



Abb. 17: Beschriftung der Pipettenfläschchen. Beispielhaft für Nils Winter und Felix Gruber.

4. In der Klasse bekommt jede Gruppe folgende Materialien zur Verfügung gestellt:
 - a. 4 Agarplatten mit je 5 Löchern, die mit den 4 Patientennamen beschriftet sind.

- b. Ein Lineal mit mm-Markierungen sowie 4 Schablonen, die als Unterlage für die Agarplatten dienen.
- c. Die 20 Pipettenfläschchen mit den jeweiligen Antibiotika(HCL)-Konzentrationen werden an einem zentralen Ort (z.B. am Pult) zur Verfügung gestellt.

Auswertungsschablone: Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit

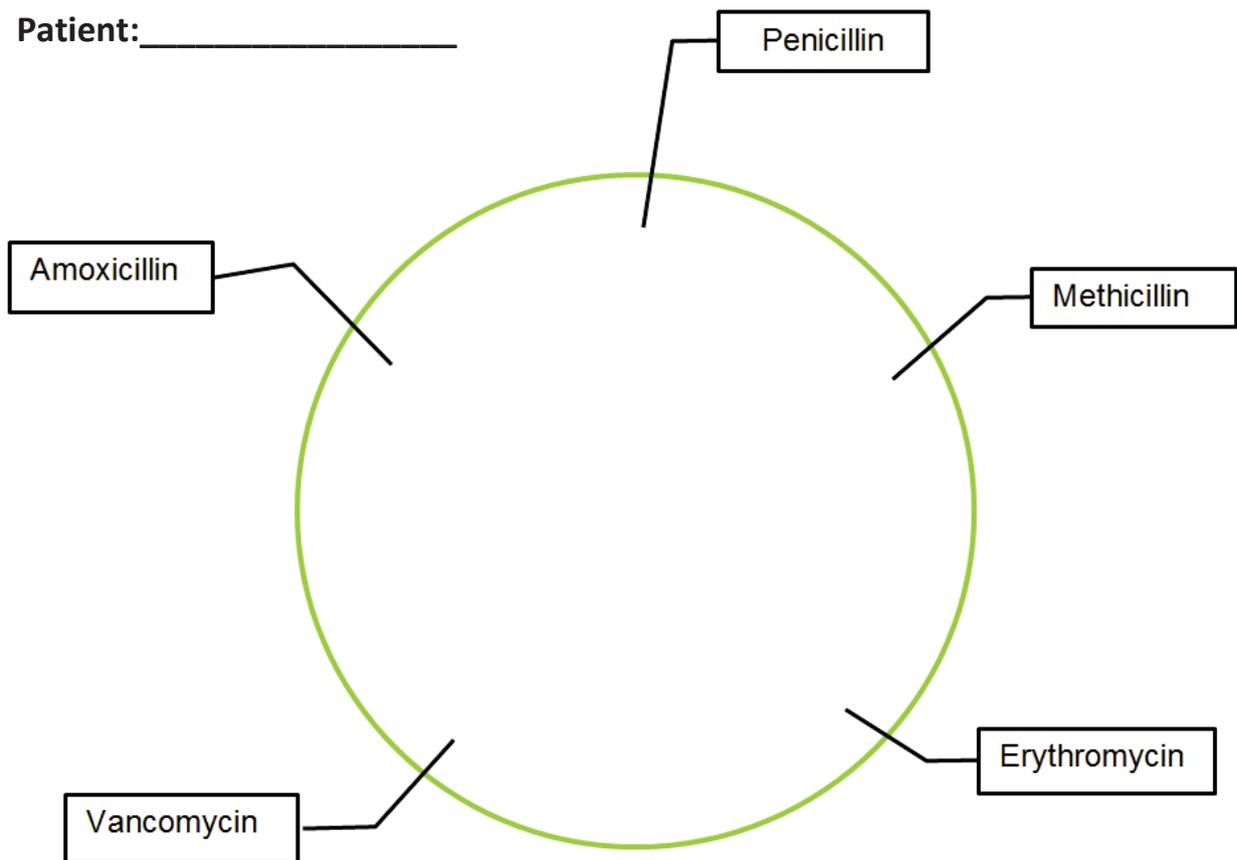


Abb. 18: Auswertungsschablone für das Experiment: Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit.

Vorbereitung des Experimentes: Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration

1. Vorbereitung für die Versuche:

Benötigte Materialien:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 3 Petrischalen pro Gruppe | <input type="checkbox"/> Salzsäure (0,5%, 1%, 5%, 10%) |
| <input type="checkbox"/> Agar-Agar | <input type="checkbox"/> 15 Pipettenfläschchen |
| <input type="checkbox"/> Phenolrot | <input type="checkbox"/> Stift zum Beschriften |
| <input type="checkbox"/> Kochplatte | <input type="checkbox"/> Korkbohrer |

Vorbereitung der Agarplatten:

- Wie bereits im Punkt „Vorbereitung der Agarplatten“ (siehe Experiment: Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit) beschrieben, die Agarplatten herstellen.
- Mit dem Korkbohrer 5 Löcher in jede Agarplatte bohren.
- Die Petrischalen mit **E.coli**, **Salmonella** und **Enterococcus** beschriften.
- Die „Antibiotika-Testlösungen“ herstellen. Dazu sind 15 Fläschchen nötig, die folgendermaßen beschriftet werden sollen:

E. coli 0,5 µg/mL Ciprofloxacin	Salmonella 0,5 µg/mL Amoxicillin	Enterokokkus 0,5 µg/mL Penicillin
E. coli 10 µg/mL Ciprofloxacin	Salmonella 10 µg/mL Amoxicillin	Enterokokkus 10 µg/mL Penicillin
E. coli 50 µg/mL Ciprofloxacin	Salmonella 50 µg/mL Amoxicillin	Enterokokkus 50 µg/mL Penicillin
E. coli 1 mg/mL Ciprofloxacin	Salmonella 1 mg/mL Amoxicillin	Enterokokkus 1 mg/mL Penicillin
E. coli 10 mg/mL Ciprofloxacin	Salmonella 10 mg/mL Amoxicillin	Enterokokkus 10 mg/mL Penicillin

- Die vorbereiteten Fläschchen werden mit je ca. 5 – 10 mL der folgenden Lösungen befüllt:

	E. coli	Salmonella	Enterokokkus
0,5 µg	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
10 µg	0,5 %	1%	5%
50 µg	1%	1%	10%
1 mg	5%	10%	10%
10 mg	5%	10%	10%



Abb. 19: Beschriftung der Pipettenfläschchen für E.coli, Salmonella und Enterokokkus.

6. Falls der Versuch mit der gesamten Klasse durchgeführt wird, bekommt jede Gruppe folgende Materialien:
 - a. 3 Agarplatten mit je 5 Löchern, die mit den 3 Bakterienamen beschriftet sind.
 - b. Die 15 Pipettenfläschchen mit den jeweiligen Mengen an Antibiotika(HCL)-Konzentrationen werden an einem zentralen Ort (z.B. Pult) zur Verfügung gestellt.
 - c. Zusätzlich bekommen sie 3 Schablonen, wobei die Agarplatten während des Versuches sowie bei der Auswertung auf die Schablonen gestellt werden können.

Auswertungsschablone: Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration

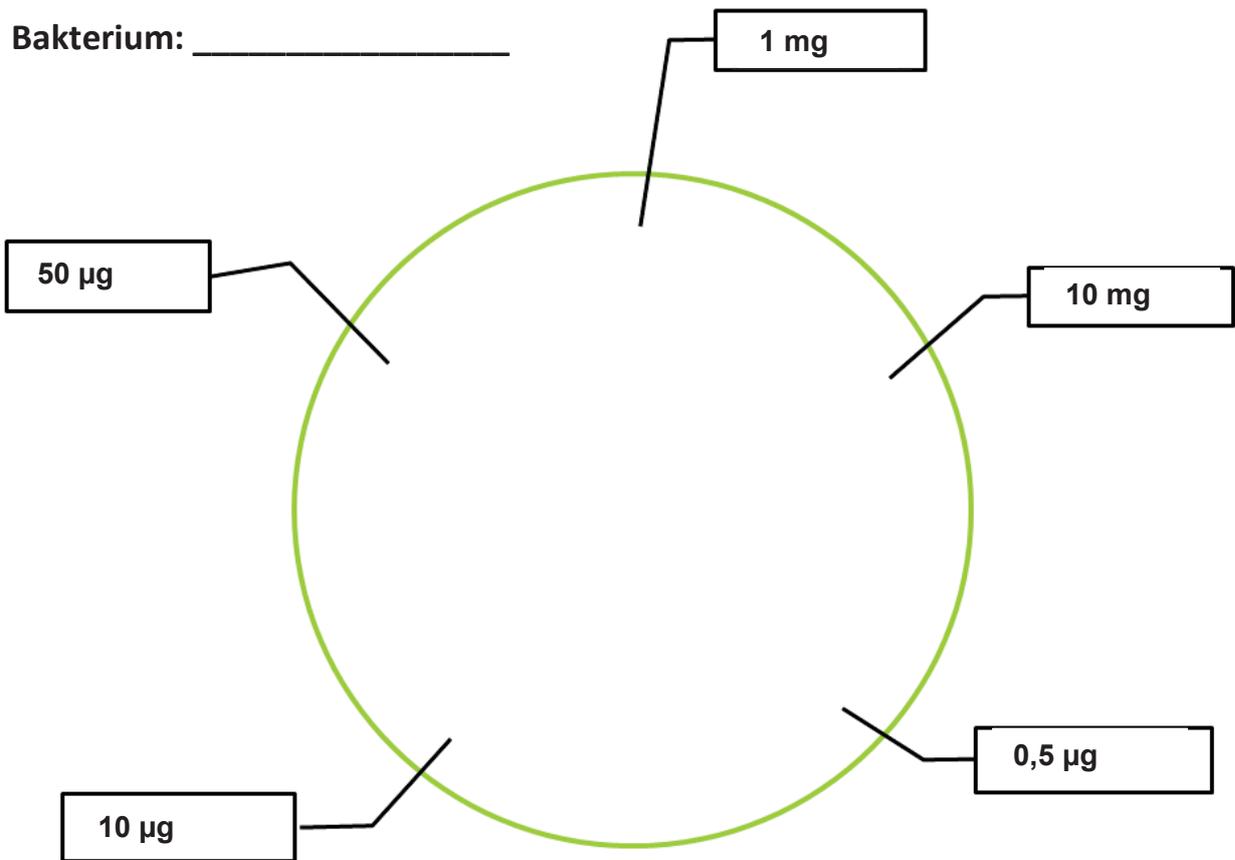


Abb. 20: Auswertungsschablone für das Experiment: Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration.

Ergebnisse des Versuches:

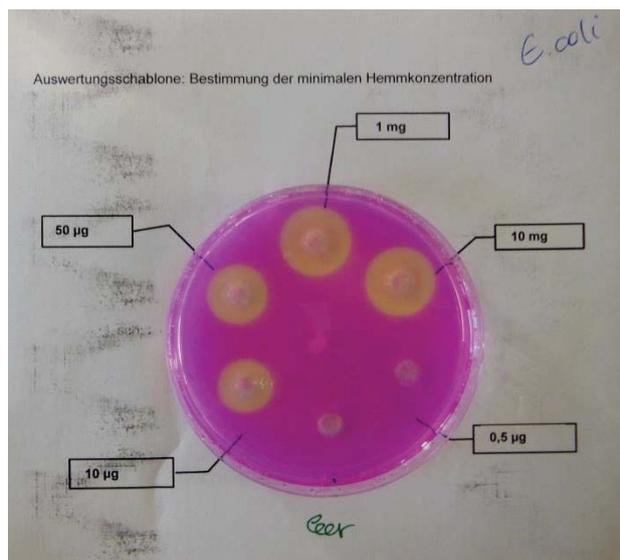


Abb. 21: Ergebnis Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration: E.coli.

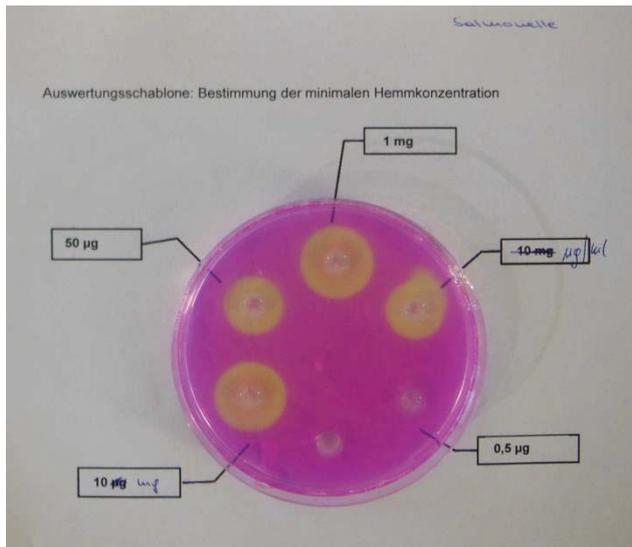


Abb. 22: Ergebnis Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration: Salmonella.

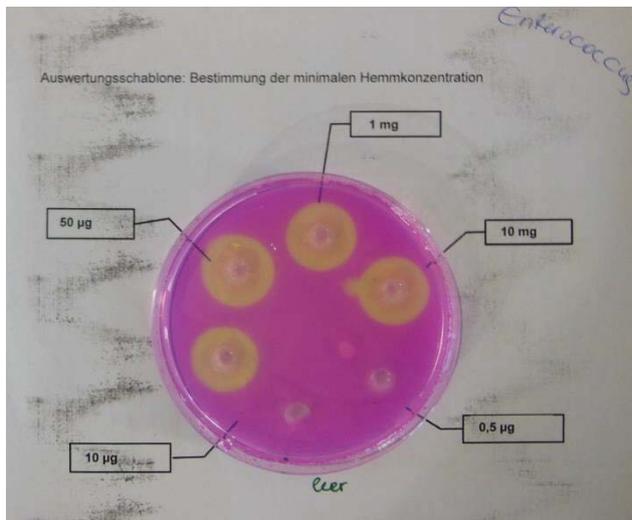


Abb. 23: Ergebnis Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration: Enterokokkus.

3.6.4. Quellen- und Bildnachweis für Unterrichtsmaterialien Antibiotika

Power-Point Präsentation Antibiotika und Antibiotikaresistenzen

ÜBERSETZT NACH E-BUG (2015): Antibiotic Use and Medicine. Antibiotic resistance presentation.

http://www.e-bug.eu/senior_pack.aspx?cc=eng&ss=3&t=Senior%20Schools-Antibiotic%20Use%20and%20Medicine, zugegriffen am 26.11.15.

EVOLUTION-OF-LIFE (2009): Mutationen - Selektion: Bakterien bilden Resistenzen.

<http://www.evolution-of-life.com/de/beobachten/video/fiche/mutations-selection-the-bacteria-resist.html>, zugegriffen am 26.11.15.

DIE PRESSE (2012): Medikamente: Ein Schritt zur personalisierten Dosierung.

http://diepresse.com/home/leben/gesundheit/1325000/Medikamente_Ein-Schritt-zur-personalisierten-Dosierung, zugegriffen am 26.11.15.

WIKIPEDIA: Alexander Fleming.

https://de.wikipedia.org/wiki/Alexander_Fleming#/media/File:Alexander-fleming.jpg, zugegriffen am 26.11.15.

WIKIPEDIA: Penicillin.

https://de.wikipedia.org/wiki/Penicilline#/media/File:Bundesarchiv_Bild_183-23912-0002,_K%C3%B6nigs_Wusterhausen,_%22M%C3%A4rkische_Apotheke%22,_Schaufenster.jpg, zugegriffen am 26.11.15.

WIKIPEDIA: Staphylococcus aureus.

https://de.wikipedia.org/wiki/Staphylococcus_aureus#/media/File:Staphylococcus_aureus,_50,000x,_USDA,_ARS,_EMU.jpg, zugegriffen am 26.11.15.

Aufgabenstellung Experiment Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit

IN ANLEHNUNG AN E-BUG (2015): Antibiotics: S. 8.

http://www.e-bug.eu/lang_eng/secondary_pack/downloads/aam/Antibiotics%20Complete%20Pack.pdf, zugegriffen am 23.11.15.

Arbeitsblatt Experiment Bestimmung der Antibiotikaempfindlichkeit

E-BUG (2015): Antibiotic Use and Medicine: S. 6, 8, 9.

http://www.e-bug.eu/senior_pack.aspx?cc=eng&ss=3&t=Senior%20Schools-Antibiotic%20Use%20and%20Medicine, zugegriffen am 23.11.15.

Tafelbild Antibiotika und Antibiotikaresistenzen

IN ANLEHNUNG AN ZEIT ONLINE (2014): Woher die resistenten Krankenhaus-Keime kommen.

<http://www.zeit.de/wissen/2014-11/keime-antibiotika-krankenhauskeime-schweinmast>, zugegriffen am 30.11.15.

Artikel

SCINEXX.DE (2014): Neuer Superkeim aufgetaucht. Multiresistenter MRSA-Erreger ist auch gegen bisher noch wirksames Antibiotikum immun.

<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-17473-2014-04-22.html>, zugegriffen am 30.12.15.

Vorbereitung und Ergebnisse der Experimente

E-BUG (2015): Antibiotics: S. 5.

http://www.e-bug.eu/lang_eng/secondary_pack/downloads/aam/Antibiotics%20Complete%20Pack.pdf, zugegriffen am 22.11.15.