

Bakterien, Sepsis, MRSA

Ein Unterrichtsentwurf zum Thema *Diagnostik und Therapie von Bakterieninfektionen* für die Schüler*innen der Sekundarstufe I

Quynh Nguyen, Dr. Maren Panhorst

Universität Bielefeld, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld, quynh.nguyen@uni-bielefeld.de

In diesem Artikel soll ein Unterrichtsentwurf zur Unterrichtsreihe *Diagnostik und Therapie von Bakterieninfektionen* vorgestellt werden. Dabei sollen Lerninhalte zu Bakterien, der Diagnostik bakterieller Infektionen mittels Schnelltests, Antibiotika und der damit verbundenen Entstehung von Antibiotikaresistenzen behandelt werden. Die Unterrichtsreihe umfasst eine Doppelstunde, in denen die Schüler*innen auf Ebene der mikrobiologischen Labordiagnostik Verfahrenstechniken zur Identifizierung von Bakterien kennenlernen sollen, sowie eine Einzelstunde zur Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten. Darüber hinaus gehören drei begleitende Arbeitsblätter sowie ein Kreuzworträtsel, welches als Hausaufgabe oder didaktische Reserve dient, zu den Unterrichtsstunden. Das Angebot richtet sich primär an die Schüler*innen der Mittelstufe. Die Doppelstunde sowie die Einzelstunde werden aus fachlicher, didaktischer sowie methodischer Sicht beleuchtet.

Stichwörter: Krankheitserreger, Bakterien, Bakteriendiagnostik, Schnelltest, Behandlung bakterieller Infektionen, MRSA, Antibiotika, Antibiotikaresistenzen, Antibiogramm

1 Fachlicher Hintergrund

1.1 Bakterien

Bei Bakterien handelt es sich um einzellige Mikroben. Sie haben, neben anderen Mikroorganismen, einen immensen Einfluss auf das Leben auf der Erde. Einerseits bilden Bakterien die Grundlage fast aller globalen Stoffkreisläufe und sind somit für jede Lebensform essenziell. Auch für die Menschen sind sie unentbehrlich. So halten sie beispielsweise (bspw.) die menschliche Darmflora intakt und sorgen für eine reibungslose Verdauung. Andererseits gefährden pathogene (Krankheit verursachende) Arten das menschliche, tierische und pflanzliche Leben (Fuchs, 2014, S. 37 – 48). Hierbei können sie eine Bandbreite von harmlosen bis zu tödlich verlaufenden Krankheiten auslösen. Exemplarisch hierfür sind Infektionskrankheiten, wie *Tuberkulose*, *Tetanus*, *Meningitis* oder *Salmonelleninfektionen*, die durch humanpathogene Bakterienarten verursacht werden können (Schneider, 2014, S. 670 – 671).

Dabei umfasst eine Bakterienzelle lediglich eine Größe von 0,2 bis 2 μm . Zudem können Bakterien je nach Art sehr in ihrer Gestalt variieren. Die häufigsten Formen, die hierbei auftreten, sind *Kokken* (kugelförmig), *Bacilli* (stäbchenförmig) und *Spirillen* (schraubenförmig). So sehr sich die Bakterienarten auch optisch unterscheiden, grundsätzlich ist jede Bakterienzelle gleich aufgebaut und verfügt über einen eigenen Stoffwechsel, der sie dazu befähigt, sich eigenständig durch Zellteilung vermehren zu können (Josenhans & Hahn, 2016a, S. 173 – 174).

Da Bakterien keinen Zellkern besitzen, gehören sie zur Gruppe der *Prokaryonten*. Demnach liegt das *Bakterienchromosom*, die zirkuläre doppelsträngige, bei wenigen Arten auch lineare doppelsträngige, *DNA* (*Desoxyribonucleic Acid*), frei im *Cytoplasma* vor (siehe Abb. 1). Das Cytoplasma wird durch eine *Cytoplasmamembran*, gefolgt von einer *Zellwand*, geschützt. Während ersteres hauptsächlich dem Stoffaustausch dient, verleiht die Zellwand der Bakterienzelle Halt und Form und bietet ihr zugleich mechanischen sowie physikalischen Schutz. Bei einigen Bakterienarten wird die Zellwand zusätzlich von einer *Bakterienkapsel* umgeben, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Zudem besitzen einige Bakterienzellen außen an ihrer Zellwand sogenannte *Flagellen* oder *Geißeln*, die ihnen zur Fortbewegung dienen. Innerhalb der Bakterienzelle befinden sich neben der DNA weitere Bestandteile, wie zum Beispiel (z.B.) *Plasmide* und *Ribosome*. Plasmide stellen ringförmige DNA-Moleküle dar, die zusätzlich zum Bakterienchromosom über weitere Gene verfügen. Diese können den Bakterien somit Selektionsvorteile verschaffen (z.B. Gene für Antibiotikaresistenzen). Ribosome sind Komplexe aus Proteinen und RNA, an denen Proteine hergestellt werden (Josenhans et al., 2016, S. 173 – 181).

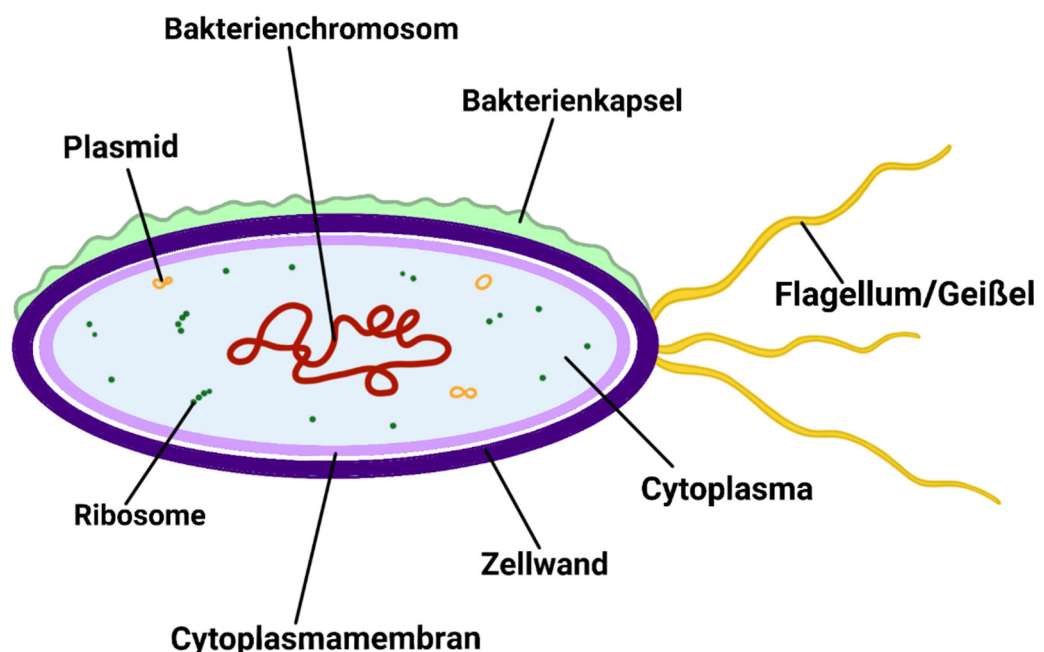


Abbildung 1: Aufbau einer Bakterienzelle; Quelle: eigene Zeichnung

1.2 Identifizierung von Bakterien

Die Identifizierung von Mikroorganismen ist vor allem für die Medizin von bedeutender Relevanz. Sie ist der Ausgangspunkt für die Auswahl geeigneter Behandlungsmaßnahmen sowie für die Erforschung weiterer Therapiemöglichkeiten gegen Infektionskrankheiten.

Zur Unterscheidung von Bakterien werden im Labor unter anderem die Beschaffenheit der Zellwand sowie die Fähigkeit zu bestimmten biochemischen Reaktionen getestet. Bezüglich der Zellwand unterscheidet man grampositive Bakterien mit einer dicken Zellwandschicht und gramnegative Bakterien mit einer dünneren Zellwandschicht, welche jedoch nach außen hin von einer weiteren Membran bedeckt ist. Durch Anfärbungen können diese Zellwandtypen unterschieden werden. Die Charakterisierung der biochemischen Eigenschaften erfolgt häufig durch eine Reihe von Farbreaktionen (die sogenannte Bunde Reihe) (Klein et al., 1991, S. 37; Ziesing et al., 2016, S. 132&136). Die Ergebnisse dieser Reaktionen sind normalerweise erst nach frühestens 24 h sichtbar. Um in dringenden Fällen früher Auskunft zu erhalten, gibt es auch ein paar Schnelltests. In dieser Unterrichtseinheit werden ein Gram-Schnelltest vorgestellt, sowie Schnelltests auf die Gegenwart der Enzyme Oxidase, Katalase und Beta-Galactosidase.

Bei dem Gram-Schnelltest soll die Differenzierung von gramnegativen und grampositiven Bakterien anhand der Aktivität der *L-Alanin-Aminopeptidase* festgemacht werden. Weist die Bakteriensuspension während des Schnelltests eine gelbe Färbung auf, dann handelt es sich um eine gramnegative Bakterienart (Becker, 2016, S. 172).

Der Katalase-Test beruht auf dem Abbau von Wasserstoffperoxid (H_2O_2). Der Schnelltest erfolgt über die Zugabe von Wasserstoffperoxid auf die zu untersuchende Bakterienkultur. Ist die Katalase vorhanden, kommt es nach wenigen Sekunden durch die Sauerstofffreisetzung zur Bläschenbildung (Becker, 2016, S. 170 – 171).

Mit dem Oxidase-Test wird die Präsenz der *Cytochrom-c-Oxidase* nachgewiesen (Becker, 2016, S. 171). Kommt es zu einem blauen Farbumschlag, ist die Cytochrom-c-Oxidase im Bakterium vorhanden (Nethe-Jaenchen, 2008, S. 302).

Beim Lactase-Test werden die Bakterienstämme hinsichtlich der β -Galactosidase-Aktivität überprüft. In Gegenwart des Enzyms wird das Nachweisreagenz *ONPG (Orthonitrophenyl- β -Galactosid)* gespalten und es kommt zu einer Gelbfärbung (Nethe-Jaenchen, 2008, S. 302).

1.3 Antibiotika und der resistente MRSA

Bakterielle Infektionen lassen sich mithilfe von Antibiotika behandeln, die das Wachstum der Bakterien hemmen oder die Bakterien töten. Dabei greifen die Antibiotika bspw. in den Stoffwechsel der Bakterien ein und verhindern somit die Synthese essenzieller Metabolite oder sie beeinträchtigen das Bakterienwachstum, indem sie die Zellwandsynthese stören. (Fille & Ziesing, 2016, S. 709 – 711).

Da Bakterien sehr anpassungsfähig sind, können sie mit der Zeit Resistenzen gegen bestimmte Antibiotika entwickeln. Infolgedessen sind die jeweiligen Antibiotika wirkungslos gegenüber solchen Bakterienstämmen. Diese Antibiotikaresistenzen können von Bakterium zu Bakterium weitergegeben werden. Gründe für die vermehrte Entstehung von Antibiotikaresistenzen sind vielfältig: Zum einen begünstigt eine unsachgemäße Selbstmedikation die Resistenzbildung. In diesem Fall werden Antibiotika zu häufig, zu kurz oder bei viralen Infektionen, obwohl sie gegenüber Viren vollkommen wirkungslos sind, eingenommen. Zum anderen werden sie häufig vorschnell verschrieben. So werden sie oft bereits bei einem bloßen Verdacht auf eine bakterielle Infektion verordnet, ohne eine mikrobiologische Labordiagnostik abzuwarten. Zudem stellt der vielfache Gebrauch von Antibiotika in der Nutztierhaltung einen relevanten Anteil bei der Ausweitung von Resistenzen dar (Antão & Wagner-Ahlf, 2018, S. 499 – 505).

Besonders problematisch wird es dann, wenn eine Bakterienart nicht nur eine, sondern mehrere Antibiotikaresistenzen aufweist, wie bspw. der Krankenhauskeim *MRSA* (*Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus*). Da *MRSA*-Stämme gegenüber mehreren Antibiotika resistent sind, stellt eine Behandlung dieses Erregers eine zunehmende Herausforderung dar (Antão et al., 2018, S. 499 – 505).

MRSA-Stämme gehören, wie aus ihrem Namen bereits zu entnehmen ist, zu den *Staphylokokken*. Bei *Staphylokokken* handelt es sich um unbewegliche, grampositive Bakterien. Als fakultativ pathogene Bakterienart können sie sich auf der Haut und den Schleimhäuten gesunder Menschen ansiedeln, ohne Krankheiten auszulösen. Erst durch ein geschwächtes Immunsystem des Wirts kommt es schließlich zum Ausbruch der Krankheit (rki.de).

Namensgebend für *MRSA* ist die Resistenz gegen das Antibiotikum Methicillin (greift wie Penicillin die Zellwandsynthese an). Im Volksmund wird mit *MRSA* auch häufig „multiresistenter *Staphylococcus aureus*“ abgekürzt.

Aufgrund ihrer Multiresistenz kann eine Infektion mit *MRSA* einen schweren Krankheitsverlauf nehmen. Je nach Erregertyp können Hautentzündungen, Wundinfektionen, Entzündungen einzelner Organe oder eine Sepsis verursacht werden. Die Behandlung einer *MRSA*-Infektion kann dabei nur noch durch bestimmte Reserve-Antibiotika erfolgen (infektionsschutz.de).

Seit 2015 zeichnet sich jährlich ein Trend hin zur Abnahme von *MRSA*-Infektionen ab (siehe Tab. 1). Auffällig erscheint dabei, dass die Anzahl der übermittelten Fälle für das Jahr 2020 signifikant

niedriger ist, als erwartet war. Gründe können stärkere Hygienemaßnahmen, geringere Patient*innenzahlen oder aufgrund von Überbelastung des Krankenhauspersonals zu gering gemeldete Zahlen sein – je Auswirkungen der Coronavirus-Pandemie (Seedat & Winkler, 2021, S. 6 & 8 – 10).

Tabelle 1: übermittelte Fallzahlen von *MRSA* für 2015 bis 2020 sowie der erwarteter Wert für 2020 in Deutschland (aus Seedat & Winkler, 2021, S. 9)

Erreger	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (übermittelt)	2020 (erwartet)
MRSA	3.600	3.183	2.832	2.433	1.810	1.122	1.659

Für behandelnde Ärzt*innen ist die Identifizierung von Bakterien in medizinischen Proben von eben solcher Bedeutung wie das Wissen, ob diese Bakterien gegen Antibiotika resistent sind (und wenn ja, gegen welche). Um das zu prüfen, wird in der Regel ein Antibiogramm erstellt. Ein gängiges Verfahren ist der Agardiffusionstest (siehe Abb. 2). Hierbei wird die zu testende Bakterienkultur auf ein Agarnährboden ausgestrichen und diese mit Papierplättchen belegt, die jeweils unterschiedliche Antibiotika aufweisen. Nach der Inkubation für ein paar Stunden, hat sich ein Bakterienrasen gebildet. Wachstumsfreie Zonen um die Papierplättchen zeigen eine Sensitivität gegen das Antibiotikum auf. Konnte sich das Bakterienwachstum bis zu dem Papierplättchen ausbreiten, besteht eine Resistenz gegen dieses Bakterium (Stöcker et al., 2019, S. 138; Ziesing et al., 2016, S. 146).

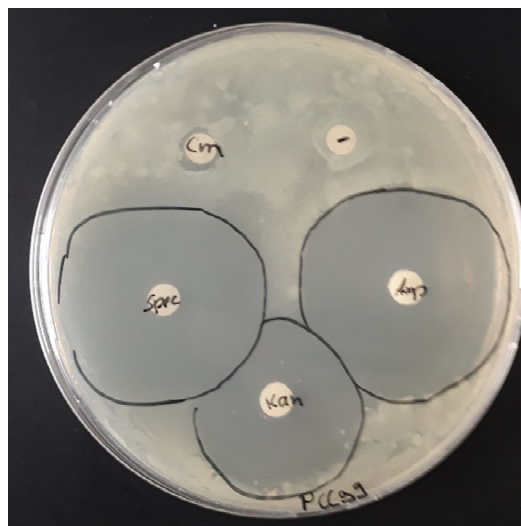


Abbildung 2: Antibiotikaresistenzbestimmung mittels Agardiffusion; Quelle: eigenes Foto

2 Didaktische Analyse

Im Folgenden werden die Auswahl der Unterrichtsinhalte begründet, die Bedeutung des Themas für die Schüler*innen herausgearbeitet, die Doppelstunde sowie Einzelstunde in die Kernlehrpläne eingeordnet und Bezug auf die didaktische Rekonstruktion/Reduktion genommen. Zudem werden die methodischen Vorgehensweisen der verschiedenen Unterrichtsschritte begründet.

2.1 Bezug der Schüler*innen zum Thema

Weltweit geht ein Großteil der Todesfälle auf Infektionskrankheiten zurück (bundesgesundheitsministerium.de). Davon verzeichnet die bakterielle Infektionskrankheit *Tuberkulose* mit die meisten Todesfälle (who.int). Die Behandlung bakterieller Infektionskrankheiten stellt folglich eine globale Herausforderung dar. Dies ist eine Herausforderung, mit der nicht nur die Medizin und Wissenschaft zu kämpfen haben, sondern die ganze Gesellschaft. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger, dass die Schüler*innen sich mit Mikroben, wie Bakterien, auseinandersetzen. Sie kommen im Alltag stetig mit diesen in Berührung. Zudem waren einige selbst bereits direkt mit diesen Krankheitserregern konfrontiert, z.B. durch eine Magen-Darminfektion.

Das Unterrichtsvorhaben liegt dabei auf der Diagnostik und Behandlung von Bakterien. Im Hinblick auf die Behandlung bakterieller Infektionen ist es besonders wichtig, die Schüler*innen auf Antibiotikaresistenzen aufmerksam zu machen. Denn Antibiotikaresistenzen stellen ein zunehmendes Problem dar und werden bei unsachgemäßer Anwendung zukünftig die Therapie erschweren. Der richtige Umgang mit Antibiotika hat für ihren Alltag demnach eine große Bedeutung.

Die Forschung zu Bakterien und möglichen Behandlungsmaßnahmen wird nie zum Stillstand kommen. Solange es Bakterien gibt, lassen sich Infektionskrankheiten nicht vermeiden. Zudem sind keineswegs alle pathogenen Bakterien bekannt. Die Menschen können jederzeit mit neuartigen Bakterien oder Bakterienmutanten konfrontiert werden. Im Zuge dessen ist eine stetige Forschung und Entwicklung neuer Diagnostik- und Therapiemaßnahmen erforderlich.

Folglich werden Bakterien die Schüler*innen ihr Leben lang begleiten. Sie werden zukünftig wiederkehrend von Infektionen betroffen sein. Aus diesem Grund darf ein fundiertes Wissen über diesen Erreger nicht fehlen.

2.2 Einordnung in die Kernlehrpläne

Die Unterrichtsreihe orientiert sich an die Kernlehrpläne des Schulministeriums von Nordrhein-Westfalen (NRW). In diesem Fall sind die Kernlehrpläne *Biologie der Sekundarstufe I für das*

Gymnasium (G9), Naturwissenschaften: Biologie, Chemie, Physik der Sekundarstufe I für die Gesamtschule, Biologie für die Realschule sowie Lernbereich Naturwissenschaften: Biologie, Chemie, Physik für die Hauptschule relevant.

Die Unterrichtsstunden sollen die Schüler*innen an das Thema *Diagnostik und Therapie von Bakterieninfektionen* heranführen. Für das Verständnis dessen müssen die Schüler*innen sich mit dem Bau einer Bakterienzelle auseinandersetzen. Bezüglich bakterieller Infektionskrankheiten wird insbesondere die Identifizierung mittels Schnelltests sowie der Einsatz von Antibiotika als Therapiemöglichkeit behandelt. Damit verbunden sollen die Schüler*innen sich mit der Entstehung von Antibiotikaresistenzen am Beispiel des *MRSA*-Erregers beschäftigen.

In diesem Sinne deckt die Unterrichtsreihe folgende Lerninhalte der einzelnen Kernlehrpläne ab:

Kernlehrplan für das Gymnasium

Dieser Kernlehrplan umfasst eine Reihe von Kompetenzen und inhaltlichen Schwerpunkten, die im Laufe der Sekundarstufe I im Fach Biologie vermittelt werden sollen. Sie werden in *Kompetenzen und inhaltliche Schwerpunkte zum Ende der Erprobungsstufe (Klasse 6)* und *Kompetenzen und inhaltliche Schwerpunkte zum Ende der Sekundarstufe I (Klasse 10)* aufgefächert.

Das Thema dieser Unterrichtsreihe *Diagnostik und Therapie von Bakterieninfektionen* findet seine Entsprechung im Inhaltsfeld *7 Mensch und Gesundheit* des Kernlehrplans und ist gegen Ende der Sekundarstufe I zu verorten. Es richtet sich daher vorrangig an die Schüler*innen der Jahrgangstufen neun und zehn. Die Doppelstunde deckt dabei die Lerninhalte „[...] bakterielle Infektionskrankheiten, Bau der Bakterienzelle [...] [sowie] Einsatz von Antibiotika“ (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019, S. 35) aus dem Themenbereich *Immunbiologie* des Inhaltsfeld 7 ab (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019, S. 35).

Kernlehrplan für die Gesamtschule

Für den Kernlehrplan der Gesamtschule lässt sich das Unterrichtsvorhaben der Doppelstunde dem Inhaltsfeld *9 Information und Regulation* zuordnen. Hierbei liegt der inhaltliche Schwerpunkt auf der Immunbiologie und wird durch die Basiskonzepte *System, Struktur und Funktion* sowie *Entwicklung* konkretisiert. Von Relevanz sind hier die Lerninhalte *Bakterien* aus dem Basiskonzept *Struktur und Funktion* sowie *Antibiotika* aus dem Basiskonzept *Entwicklung*. Die Doppelstunde richtet sich dabei an die Jahrgangstufen sieben bis zehn (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013, S. 15 & 71).

Kernlehrplan für die Realschule

Im Kernlehrplan für die Realschule werden die zu erwerbenden Kompetenzen und inhaltlichen Schwerpunkte bis zum Ende der Jahrgangsstufe zehn für das Fach Biologie in zwei Progressionsstufen aufgefächert. Die erste Progressionsstufe nimmt dabei etwa einen Drittel der bis zum Ende der Jahrgangsstufe zehn vorgesehenen Unterrichtszeit ein. Demnach erstreckt sie sich etwa bis zur Klasse sechs. Die zweite Progressionsstufe beschreibt folglich die Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte von den Jahrgangsstufen sieben bis zehn (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2011a, S. 19 & 27).

Die Doppelstunde ist thematisch im Inhaltsfeld 6 *Biologische Forschung und Medizin* sowie in der Progressionsstufe zwei zu verorten. Demnach ist sie für die Klassen sieben bis zehn ausgerichtet. Sie deckt den inhaltlichen Schwerpunkt *Krankheitserreger* und die Lerninhalte *Infektionskrankheiten* des Basiskonzepts *System*, *Bakterien* des Basiskonzepts *Struktur und Funktion* sowie *Antibiotika und Resistenz* des Basiskonzepts *Entwicklung* ab (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2011a, S. 31).

Kernlehrplan für die Hauptschule

Wie der Kernlehrplan für die Realschule unterteilt sich auch der Kernlehrplan für die Hauptschule in zwei Progressionsstufen. Allerdings ist die Unterteilung beider Progressionsstufen in diesem Fall gleichmäßig gestaltet, sodass die erste Progressionsstufe nach etwa der Hälfte der Unterrichtszeit, die für die gesamte Hauptschulzeit vorgesehen ist, erreicht ist. Folglich umfasst die erste Progressionsstufe die Klassen fünf bis sieben und die zweite Progressionsstufe die Klassen acht bis zehn (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2011b, S. 29 & 35).

Das Thema der Doppelstunde findet seine Entsprechung im Inhaltsfeld 8 *Biologische Forschung und Medizin* und befindet sich somit in der zweiten Progressionsstufe. Demzufolge ist das Unterrichtsvorhaben der Doppelstunde für die Jahrgangsstufen acht bis zehn ausgelegt. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt hierbei im Bereich *Krankheiten und Immunsystem* und erstreckt sich auf die drei Basiskonzepte *System*, *Struktur und Funktion* sowie *Entwicklung*. Aus dem ersten Basiskonzept wird der Lerninhalt *Infektionskrankheiten* bedient, aus dem zweiten der Lerninhalt *Bakterien* und aus dem letzten der Lerninhalt *Antibiotika-Resistenz* (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2011b, S. 39).

2.3 Didaktische Rekonstruktion/Reduktion

Das Unterrichtsvorhaben liegt auf der Diagnostik und Behandlung von Bakterien und umfasst eine Doppel- sowie eine Einzelstunde. Die Doppelstunde legt dabei den Schwerpunkt auf die Diagnostik von Bakterien. Für das Verständnis der Bakteriendiagnostik müssen die Schüler*innen sich unter anderem mit dem Aufbau einer Bakterienzelle vertraut machen. Im Fokus steht hier die Bakterienzellwand, denn anhand derer erfolgt die Unterscheidung der Bakterien in grampositive und gramnegative Bakterien. In diesem Zusammenhang wird auf die Bestandteile und den

genauen Aufbau der Zellwand verzichtet. Relevant ist ausschließlich der Aspekt, dass sich die zwei unterschiedlichen Zellwandtypen in der Dicke ihrer Zellwand unterscheiden. Im Rahmen der Identifizierung von Bakterien wird das Verfahren der Bunten Reihe sowie der Durchführung bestimmter Schnelltests behandelt. Hier ist eine vereinfachte Darstellung der Funktionsweise ausreichend, bei der lediglich darauf eingegangen wird, dass Bakterien anhand bestimmter Eigenschaften identifiziert werden können und dass diese Eigenschaften vor allem anhand von Farbreaktionen sichtbar gemacht werden. Die Begriffe Stoffwechsel und Enzyme werden hierbei nicht erwähnt oder nur nebenbei behandelt, da sie für das Verständnis der Schüler*innen nicht essenziell sind.

Der Fokus der Einzelstunde richtet sich auf die Behandlung bakterieller Infektionskrankheiten. Als mögliche Therapiemaßnahme gegen bakterielle Infektionen wird die Behandlung mithilfe von Antibiotika thematisiert. Diesbezüglich wird nicht auf die unterschiedlichen Wirkungsmechanismen der Antibiotika eingegangen. Vielmehr liegt der Schwerpunkt auf der Resistenzbildung am Beispiel von *MRSA* und der Antibiotikaresistenzbestimmung mittels Antibiogramm.

2.4 Didaktisch-methodischer Kommentar

2.4.1 Lehr-Lernarrangement

Im Rahmen der Unterrichtsreihe *Diagnostik und Therapie von Bakterieninfektionen* sollen die Schüler*innen einen Überblick über Bakterien, der Diagnostik von Bakterieninfektion mittels Schnelltests und der damit verbundenen Behandlung mithilfe von Antibiotika bekommen. Die Unterrichtsreihe umfasst dabei eine Doppelstunde sowie eine Einzelstunde. Der vorgestellte Unterrichtsentwurf nimmt dabei Bezug auf die Kompetenzerwartungen der Kernlehrpläne des Schulministeriums von NRW. Die bei diesen Unterrichtsstunden intendierten Kompetenzen erstrecken sich hierbei auf den *Umgang mit Fachwissen*, die *Erkenntnisgewinnung* und *Kommunikation*. Sie richtet sich primär an die Schüler*innenschaft der Mittelstufe. Tabelle 2 sowie Tabelle 3 zeigen eine Übersicht über den Ablauf der Unterrichtsstunden.

2.4.2 Doppelstunde

Nach der Begrüßung der Schüler*innen soll die Frage *Warum werden wir krank?* den Auftakt der Doppelstunde darstellen. Diese Einstiegsfrage soll als Überleitung zum Thema der Doppelstunde *Bakterien als Krankheitserreger (Diagnostik)* dienen.

Um fachlich in das Thema einzusteigen, sollen die Schüler*innen in Einzelarbeit den Bakterienbegriff sowie den Bau einer Bakterienzelle mit Hilfe eines Arbeitsblattes (siehe

Arbeitsblatt 1) erarbeiten (erste Erarbeitungsphase). Besonders bei solch kurzen Unterrichtsabschnitten, wie dem Bearbeiten von Arbeitsblättern, bietet sich die Einzelarbeit gut an, da sie durch die individuelle Auseinandersetzung mit dem neuen Lerninhalt die Eigenaktivität der Schüler*innen fördert (Eschenhagen et al., 1998, S. 192; Killermann et al., 2011, S. 199). Die Auseinandersetzung mit dem Arbeitsblatt begünstigt den Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen*. Denn die Schüler*innen eignen sich anhand des Textes fachliches Wissen an, welches sie für die Lösung der Aufgaben anwenden müssen. Die Förderung dieses Kompetenzbereichs ist besonders wichtig, da sie den Grundstein der drei anderen handlungsorientierten Kompetenzbereiche (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) darstellt (Schmiemann, 2014, S. 252 – 253).

Nach einigen Minuten endet die erste Erarbeitungsphase und es folgt die Sicherung (siehe Tab. 2). Diese findet im Plenum statt (evtl. unter Hinzuziehung einer PPP, die bspw. die unbeschriftete Bakterienzelle abbildet). Die Lehrkraft liest die Aufgabenstellungen vor und nimmt die Schüler*innen an die Reihe. (Anhand einer PPP kann die Aufgabe mit dem Bau der Bakterienzelle besprochen werden. Die richtige Lösung wäre nochmals auf einer Folie festgehalten, damit die Schüler*innen ggf. ihre Aufzeichnungen korrigieren können).

An dieser Sicherung schließt nun die zweite Erarbeitungsphase an (siehe Tab. 2). Der Anfang der zweiten Erarbeitungsphase wird eher lehrerzentriert stattfinden. „[Denn] [e]s ist sehr wichtig, für ein ausgewogenes Verhältnis von lehrgangsmäßig geordneten und handlungsorientiert organisierten Unterrichtsphasen zu sorgen (...)“ (Meyer, 1989, S. 160). Das bedeutet, dass auch Phasen zur Wissensvermittlung und -aneignung eingebettet werden sollten, die von der Lehrkraft übernommen werden (Meyer, 1989, S. 160). Es werden dabei gelegentlich Fragen an die Schüler*innen gestellt, um diese Phase interaktiver zu gestalten. Sie steuert nun auf das Thema der Doppelstunde zu: die *Diagnostik von Bakterien*. Beginnend mit der Diagnostik bleibt die Lehrkraft zunächst beim Aufbau der Bakterienzelle, und zwar wird der Fokus auf die Zellwand gerichtet. Hiermit wird das erste Kriterium, anhand dessen Bakterien identifiziert und kategorisiert werden, angesprochen. Das zweite Kriterium, mit dem die Bakterienstämme genau identifiziert werden können, sind ihre Stoffwechsellösungen. Da die Schüler*innen sich wahrscheinlich nicht viel unter diesem Begriff vorstellen können, wird an dieser Stelle der Zugang in der Hinsicht vereinfacht, dass den Schüler*innen aufgezeigt wird, dass Bakterien anhand bestimmter Eigenschaften unterschieden werden können. Es werden exemplarisch drei Eigenschaften genannt: *Können die Bakterien in Gegenwart von Wasserstoffperoxid Schaum bilden? (Katalase-Test), Können sie das Wursters- Blau Reagenz zu einem blauen Farbstoff umwandeln? (Oxidase-Test) und Können sie Milchzucker spalten? (Beta-Galactosidase-Test)*. Anschließend geht es in die Einzelarbeit der Schüler*innen. Dazu sollen sie das Arbeitsblatt 2 bearbeiten, welches ein Comic als Einstieg in die Bakteriendiagnostik mittels Schnelltests beinhaltet. Das Comic bringt einerseits die Aufgabenstellung der Schüler*innen auf anregende und motivierende Weise auf den Punkt (Meyer, 1989, S. 138 – 139) und greift andererseits die Wichtigkeit der Labordiagnostik für die geeignete Wahl einer Behandlungsmethode auf und verdeutlicht diese durch das vorgestellte Szenario. Es zeigt ein Szenario auf, in dem ein Laborant mithilfe der vier Schnelltests (Gram-,

Katalase-, Oxidase- & Lactase-Test) die Bakterienstämme, mit der eine Patientin infiziert ist, nachweisen soll, damit die Ärztin eine geeignete Behandlungsmaßnahme treffen kann. Es bleibt allerdings offen, um welche Bakterienstämme es sich handelt. Hier kommen die Schüler*innen ins Spiel. Sie sollen die Aufgabe des Laboranten übernehmen und dies herausfinden. An dieser Stelle kann situationales Interesse aufgebaut und gehalten werden, denn es wird eine Lernsituation geschaffen, „in der sich die Schüler[*innen] mit dem Titelhelden identifizieren [können] und [...] an der Bewältigung der [...] vorgestellten Problemsituation mitarbeiten“ (Krapp, 1998, S. 198). Diese Einbettung der Lernsituation in eine realistische Falldarstellung kann besonders motivierend auf die Schüler*innen wirken und die Schüler*innenaktivität fördern.

Nachdem die Schüler*innen die Aufgaben bearbeitet und ausgewertet haben, findet die Sicherung wiederholt im Plenum statt.

Abschließend werden die wesentlichen Punkte der Doppelstunde rekapituliert. Die Schüler*innen wiederholen den Bakterienbegriff und anhand welcher Eigenschaften sich Bakterien identifizieren lassen. Sofern keine Fragen offen sind, verabschiedet sich die Lehrkraft und beendet den Unterricht.

2.4.3 Einzelstunde

In dieser Einzelstunde liegt der Fokus auf der Behandlung bakterieller Infektionen. Nachdem die Schüler*innen nun wissen, wie eine Bakterieninfektion diagnostiziert wird, stellt sich die Frage, wie eine bakterielle Infektion behandelt wird.

An diesem Einstieg schließt nun die Erarbeitungsphase an. Diese Phase umfasst insbesondere die Behandlung bakterieller Infektionen mittels Antibiotika. Infolgedessen bekommen die Schüler*innen einen kleinen Input von der Lehrkraft in Bezug auf das Thema *Antibiotika*. Dabei werden gelegentlich Fragen an die Schüler*innen gestellt, um diese Phase interaktiver zu gestalten. Im Anschluss daran werden mit den Fragen *Was passiert nun, wenn dasselbe Antibiotikum sehr häufig bei einer Erkrankung eingesetzt wird? Wie reagieren die Bakterien darauf?* auf Antibiotikaresistenzen zugesteuert (siehe Tab. 3). In diesem Sinne erfolgt die Überleitung zur Einzelarbeit. In der Einzelarbeit sollen die Schüler*innen sich mit der Problematik von Antibiotikaresistenzen und der damit verbundenen Antibiotikaresistenzbestimmung, dem Antibiogramm, auseinandersetzen. Hierzu sollen sie das Arbeitsblatt *Das Problem von Antibiotika* bearbeiten (siehe Arbeitsblatt 3).

Nachdem die Schüler*innen die Aufgaben bearbeitet und ausgewertet haben, findet die Sicherung im Plenum statt.

Abschließend werden die wesentlichen Punkte der Einzelstunde rekapituliert. Die Schüler*innen wiederholen die Behandlungsmaßnahme bei bakteriellen Infektionen sowie die damit verbundene Problematik (Entstehung von Antibiotikaresistenzen). Sofern keine Fragen offen sind, verabschiedet sich die Lehrkraft und beendet den Unterricht. Als Hausaufgabe oder didaktische

Reserve kann ein zusätzliches Arbeitsblatt (siehe Kreuzworträtsel) herausgegeben werden (siehe Tab. 3). Es handelt sich dabei um ein Kreuzworträtsel. Mit diesem Kreuzworträtsel, als lustbetonte Methode (Meyer, 1998, S.140), sollen die wichtigsten Inhalte aus der Doppelstunde sowie Einzelstunde abgefragt und nochmals vertieft werden, um über den Unterrichtsstunden hinaus die Lerninhalte zu festigen.

Tabelle 2: Unterrichtsverlaufsplan der Doppelstunde *Bakterien als Krankheitserreger (Diagnostik)*

Phase	Inhalt
Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> • Begrüßung • Frage an die Schüler*innen: <i>Warum werden wir krank?</i> • Hypothesenbildung der Schüler*innen → Schüler*innen sollen auf die Antwort kommen, dass Krankheitserreger hauptsächlich die Ursache dafür sind. • Wenn nicht schon genannt, Frage: <i>Welche Krankheitserreger kennt ihr?</i> • Schüler*innen Antwort: <i>Bakterien.</i>
Erarbeitung 1	<ul style="list-style-type: none"> • Frage an die Schüler*innen: <i>Was sind überhaupt Bakterien?</i> • Schüler*innen sollen sich das AB „Bakterien“ in Einzelarbeit durchlesen und die Aufgaben bearbeiten.
Sicherung 1	<ul style="list-style-type: none"> • Die Aufgaben des AB`s werden besprochen
Erarbeitung 2	<ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrkraft stellt die typischen Merkmale der Bakterien vor: <ul style="list-style-type: none"> - Zellwand: Unterscheidung in gramnegativ und grampositiv -> entscheidend bei der Identifikation von Bakterien - Überleitung zu Enzymen, die bei der Identifikation von Bakterien auch eine Rolle spielen • Schüler*innen sollen das AB „Bakteriendiagnostik mittels Schnelltests“ bearbeiten.
Sicherung 2	<ul style="list-style-type: none"> • Die Aufgaben des AB`s werden besprochen.
Stundenende	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfassung der Doppelstunde • Verabschiedung

Tabelle 3: Unterrichtsverlaufsplan der Einzelstunde Bakterien als Krankheitserreger (Therapie)

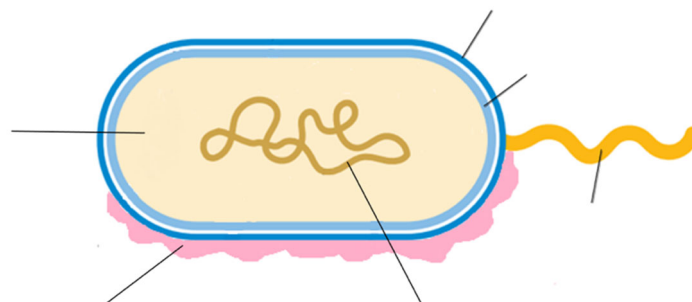
Phase	Inhalt
Einstieg	<ul style="list-style-type: none"> • Begrüßung • Frage an die Schüler*innen: <i>Nachdem ihr nun wisst, wie eine Bakterieninfektion diagnostiziert wird, stellt sich nun folgende Frage:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Wie wird eine Bakterieninfektion behandelt? Was wurde bei euch vielleicht schon einmal vom Arzt verordnet, als ihr krank wart?</i> • Hypothesenbildung der Schüler*innen → Schüler*innen sollen auf die Antwort kommen: <i>Der Arzt verschreibt Antibiotika.</i>
Erarbeitung 1	<ul style="list-style-type: none"> • Frage: <i>Was sind denn eigentlich Antibiotika? Wie wirken sie?</i> • Lehrkraft gibt einen Input über Antibiotika: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Antibiotika sind Stoffe, die Bakterien angreifen aber keine menschlichen Zellen. Manche Antibiotika stören den Zellwandaufbau der Bakterien, andere greifen in den Stoffwechsel ein.</i> ○ <i>Das bekannteste Beispiel für ein Antibiotikum ist Penicillin, welches als erster Wirkstoff gegen Bakterien entdeckt wurde.</i> • Frage an die Schüler*innen: <i>Was passiert nun, wenn dasselbe Antibiotikum sehr häufig bei einer Erkrankung eingesetzt wird? Wie reagieren die Bakterien darauf?</i> • Schüler*innen bekommen das AB „Das Problem von Antibiotika“.
Sicherung 1	<ul style="list-style-type: none"> • Die Aufgaben des AB`s werden besprochen
Stundenende	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfassung der Doppelstunde • Verabschiedung
Hausaufgabe/ didaktische Reserve	<ul style="list-style-type: none"> • Kreuzworträtsel zu den Inhalten der Doppelstunde und Einzelstunde.

Arbeitsblatt 1

Lest euch den Text durch und bearbeitet folgende Aufgaben:

a) Was sind Bakterien? (1-2 Sätze)

b) Beschriftet die Bakterienzelle.



Verändert nach vci.de

Bakterien

Klein, aber bedeutsam! Bakterien werden im Alltag häufig nur mit Krankheiten verbunden, aber was einige dabei vergessen ist, dass ohne sie keine Lebensformen möglich sind. Denn sie sind die Basis fast aller globalen Stoffkreisläufe. Auch für uns Menschen sind sie essenziell, so halten sie bspw. unsere Darmflora intakt und sorgen für eine reibungslose Verdauung.

Diese einzelligen Mikroorganismen sind meist zwischen 0,2- 2 μm (Mikrometer; $1\mu\text{m}= 0,001\text{mm}$) groß und somit für das bloße Auge nicht sichtbar. Bakterien besitzen einen eigenen Stoffwechsel und können sich auch selbstständig durch Zellteilung vermehren.



Schon gewusst?

Auf der Haut und im Darm eures Körpers befinden sich zehnmal so viele Bakterien als eigene Zellen. Fehlen die Bakterien, werdet ihr krank. Allerdings könnt ihr auch krank werden, weil Bakterien da sind. Es ist also wichtig, dass die richtigen Bakterien an den richtigen Stellen sind. Bakterien, die krank machen, heißen Krankheitserreger.

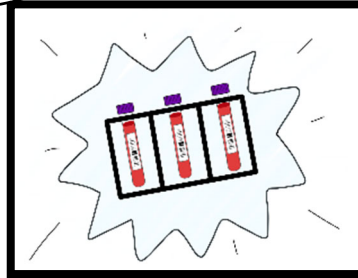
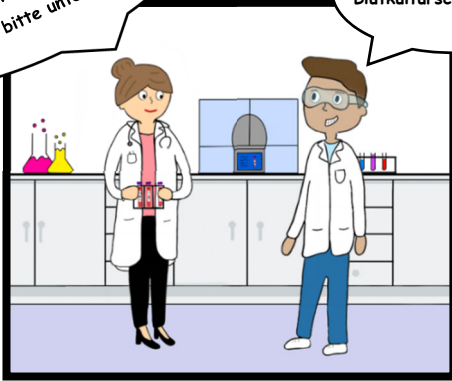
Aufgrund des fehlenden Zellkerns gehören sie zur Gruppe der Prokaryonten. Ihr Erbmaterial, die zirkuläre DNA, das **Bakterienchromosom**, liegt also frei im **Zellplasma** vor und wird durch eine **Zellmembran** und eine **Zellwand** geschützt. Dabei dient die Zellmembran hauptsächlich dem Stoffaustausch mit der Umgebung, während die Zellwand der Bakterienzelle Halt und Form verleiht. Letztere ist oft von einer **Schleimhülle** umgeben. Einige Arten haben außen an der Zellwand sogenannte **Flagellen/Geißeln**, die der Bakterienzelle bei der Fortbewegung helfen.

Arbeitsblatt 2

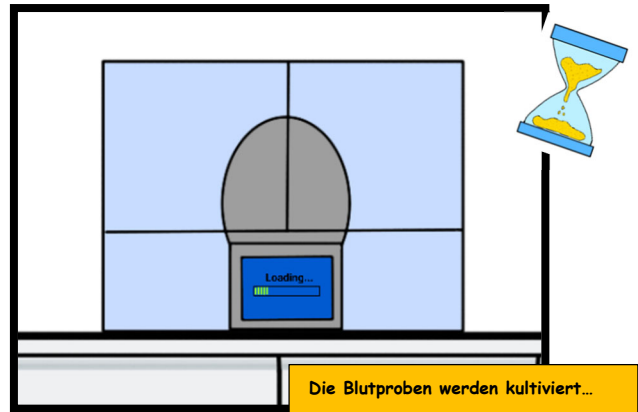
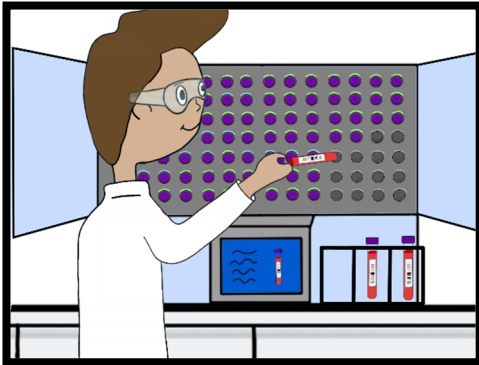
Böses Blut

Hallo, ich befürchte, dass meine Patientin sich mit Bakterien infiziert und eine Sepsis hat. Könntest du diese Blutproben bitte untersuchen?

Ja, ich werde sie in den Blutkulturschrank legen.



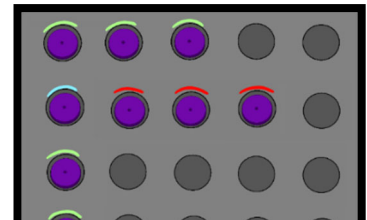
Der Laborant bringt die Blutproben zum Blutkulturschrank und stellt sie hinein...



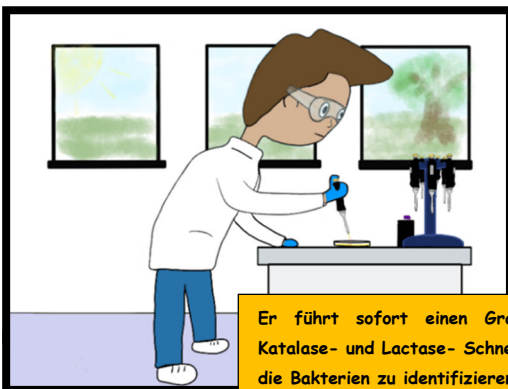
Die Blutproben werden kultiviert...



Etwas wurde in den Blutproben entdeckt!
Der Blutkulturschrank schlägt Alarm!!!



Der Laborant öffnet den Schrank und sieht, dass bei den Blutproben der Patientin die Lichter rot leuchten. Das bedeutet, dass etwas darin gewachsen ist! Höchstwahrscheinlich Bakterien!



Er führt sofort einen Gram-, Oxidase-, Katalase- und Lactase- Schnelltest durch, um die Bakterien zu identifizieren.



Die Stämme haben folgende Eigenschaften... Ich mache noch eine große Bunte Reihe und teile dir morgen die genauen Namen der Stämme mit. Soll ich auch gleich mitteilen, auf welche Antibiotika die Stämme resistent sind?

Bakteriendiagnostik mittels Schnelltests

Im Comic habt ihr gesehen, dass Proben, bei denen eine Blutvergiftung (Sepsis) nachgewiesen wurde, mit Schnelltests identifiziert werden.

Ihr seht hier die Ergebnisse von vier verschiedenen Proben, bei denen jeweils in einem Schnelltest überprüft wird, ob die Bakterien bestimmte Eigenschaften haben.

1. Welche Eigenschaften haben die Bakterien aus den vier Proben?

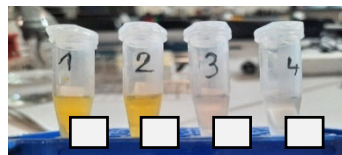
Tragt eure Ergebnisse (+ oder -) in die entsprechenden Felder ein.

Gramtest

Haben die Bakterien eine dicke Zellwand?

keine Verfärbung: ja (trage ein „+“ ein)

Gelbfärbung: nein (trage ein „-“ ein)



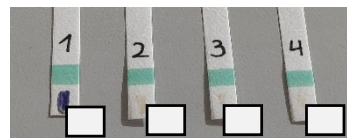
Oxidasetest

Können die Bakterien das Wursters-Blau

Reagenz zu einem blauen Farbstoff umwandeln?

Blaufärbung: ja (trage ein „+“ ein)

keine Verfärbung: nein (trage ein „-“ ein)



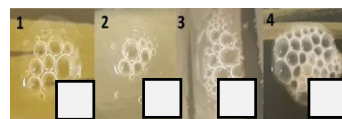
Katalasetest

Können die Bakterien in Gegenwart von

Wasserstoffperoxid Schaum bilden?

Schaum: ja (trage ein „+“ ein)

keine Schaum: nein (trage ein „-“ ein)

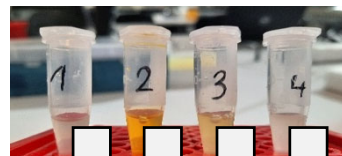


Lactasetest

Können die Bakterien Milchzucker spalten?

Gelbfärbung: ja (trage ein „+“ ein)

keine Verfärbung: nein (trage ein „-“ ein)



2. Vergleicht eure Ergebnisse mit der Tabelle.

Escherichia coli ist ein Bakterium, das im menschlichen und tierischen Darm vorkommt. Normalerweise ist es harmlos. Es gibt jedoch auch Varianten, die Magen-Darm-Entzündungen hervorrufen können. Welcher der untersuchten Bakterien könnte *E. coli* sein?

Auch das Bakterium *Staphylococcus aureus* lebt oft als harmloser Vertreter „mit“ dem Menschen zusammen und gehört zu den Bakterien auf unserer Haut. Einige Vertreter dieser Bakterien können, z. B. Wundinfektionen verursachen oder sind gefürchtete Krankenhauskeime, die schwierig zu therapieren sind. Welcher der untersuchten Bakterien könnte *S. aureus* sein?

	Gram	Oxidase	Katalase	Lactase
Streptokokken (Scharlach, Bindehautentzündung ...)	+	-	-	-
Staphylokokken (Wundinfektion, ...)	+	-	+	-
Darmbakterium <i>Escherichia coli</i> (Magen-Darm-Entzündung, ...)	-	-	+	+
Darmbakterium <i>Salmonellen</i> (Magen-Darm-Entzündung, ...)	-	-	+	-
<i>Pseudomonaden</i> (Lungenentzündung, ...)	-	+	+	-
<i>Listerien</i> (Hirnhautentzündung, ...)	+	-	+	-
... es gibt natürlich noch viel mehr!				

Arbeitsblatt 3

Lest euch den Text durch und bearbeitet folgende Aufgabe:

a) Welches Problem kann beim Einsatz von Antibiotika entstehen und durch welche Faktoren wird dieses Problem verstärkt?

Das Problem von Antibiotika

In den meisten Fällen können bakterielle Infektionen ganz einfach mit Antibiotika behandelt werden. Doch in einigen Fällen erweist sich dies als schwieriger. Denn Bakterien sind sehr anpassungsfähig. Es kommt nicht selten vor, dass Bakterien mit der Zeit Resistenzen gegen bestimmte Antibiotika entwickeln. Passiert dies, verlieren die jeweiligen Antibiotika ihre Wirkung gegenüber solchen Bakterienarten. Die Bakterien reagieren somit nicht mehr auf die Wirkweise des Antibiotikums und können ungehindert weiter wachsen.

Antibiotikaresistenzen stellen daher ein großes Problem dar, denn sie erschweren die Behandlung einiger Infektionen. Es müssen neue Antibiotika entwickelt werden, was manchmal nicht so einfach ist. Daher sollte auf eine sachgemäße Anwendung mit den Antibiotika geachtet werden. Antibiotikaresistenzen entstehen nämlich, wenn sie zu häufig, zu kurz oder zu niedrig dosiert, eingenommen werden. Häufig werden sie auch bei Infektionen durch Viren eingesetzt, obwohl Antibiotika nur gegen Bakterien wirksam sind. Zusätzlich fördert der vielfache Gebrauch von Antibiotika in der Nutztierhaltung, dass Antibiotikaresistenzen sich vermehren.

Besonders problematisch wird es dann, wenn eine Bakterienart nicht nur eine, sondern mehrere Antibiotikaresistenzen aufweist, wie z.B. der Krankenhauskeim *MRSA (methicillinresistente Staphylococcus aureus)*. Da *MRSA*-Stämme gegenüber mehreren Antibiotika resistent sind, ist eine Behandlung dieses Erregers sehr schwer.

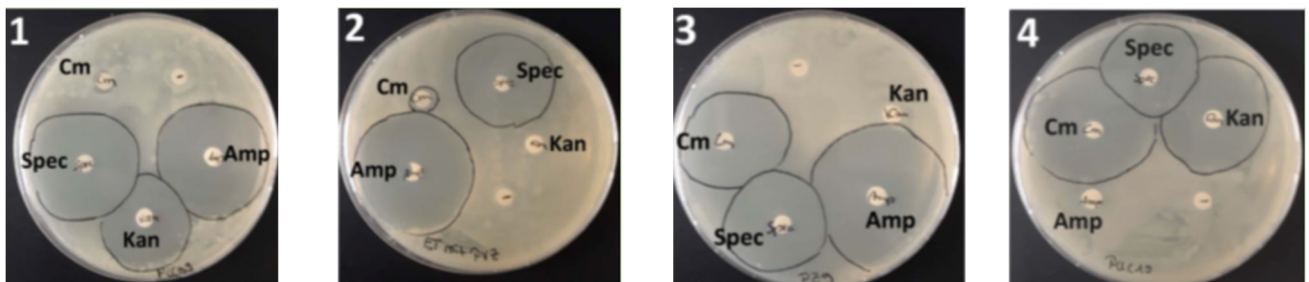
Um nun die bestmögliche Therapie zu verordnen, können Bakterien mit Hilfe eines **Antibiogramms** auf Resistenzen geprüft werden. Bei diesem Verfahren werden zu einer Bakterienkultur verschiedene Antibiotika hinzugegeben und ihr Wachstum wird beobachtet. Dazu wird die Bakterienprobe auf eine Nähragarplatte verteilt und Papierplättchen werden aufgelegt. Auf diese Plättchen werden bestimmte Konzentrationen verschiedener Antibiotika gegeben. Die Platten werden inkubiert bis ein Bakterienrasen gewachsen ist. Danach werden die Bereiche um die Papierplättchen näher untersucht. Sind kahle Bereiche zu erkennen, konnten keine Bakterien wachsen. Die Bakterien sind demnach nicht resistent gegen das Antibiotikum, denn das

Antibiotikum hat das Wachstum der Bakterien gehemmt. Sind wiederum keine kahlen Bereiche zu sehen, bedeutet das, dass die Bakterien resistent gegen das Antibiotikum sind, denn sie konnten in Gegenwart des Antibiotikums wachsen.

Weitere Aufgabe:

Szenario: Bei einem Patienten wurde eine Infektion mit drei verschiedenen Bakterienstämmen festgestellt. Damit die Ärztin die richtige Therapieform mit dem passenden Antibiotikum wählen kann, wird ein Antibiogramm erstellt, um die Bakterien auf Resistenzen zu prüfen.

Aufgabe: Schaut euch die Platten an. In den Feldern, bei denen ihr um das Papierplättchen „hellere“ Ringe (Hemmhöfe) seht, sind keine Bakterien gewachsen, d.h., dass das Antibiotikum bei dem Bakterienstamm wirksam war. An den Stellen, an denen ihr keine Hemmhöfe seht, konnte der Bakterienstamm wachsen, d.h., dass der Bakterienstamm resistent gegen das Antibiotikum ist. Tragt eure Ergebnisse in die Tabelle ein (resistent +, nicht resistent -).

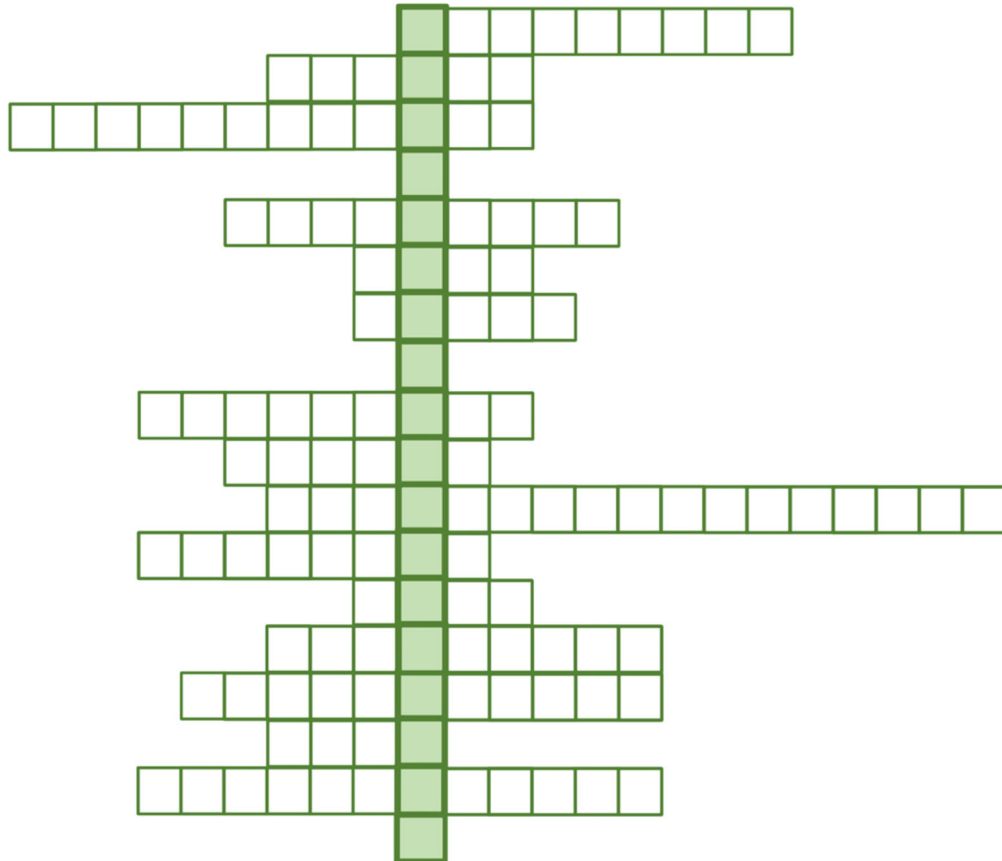


	Ampicillin (Amp)	Kanamycin (Kan)	Spectinomycin (Spec)	Chloramphenicol (Cm)
Stamm 1				
Stamm 2				
Stamm 3				
Stamm 4				

Welches Antibiotikum sollte die Ärztin nun wählen, um ihren Patienten von den Bakterien zu befreien?

Kreuzworträtsel

Was weißt du noch?



1. Labormethoden sind für Ärzte unverzichtbar, um... zu diagnostizieren.
2. Ist die Katalase vorhanden, dann bildet sich...
3. Womit kann eine bakterielle Infektion behandelt werden?
4. Womit bewegen sich Bakterien fort?
5. Wie heißt der bekannte Krankenhauskeim? (Abkürzung)
6. Antibiotika wirken nicht gegen...
7. Gramnegative und grampositive Bakterien unterscheiden sich in der Dicke ihrer...
8. Bakterielle Infektionen können zur... führen.
9. Wie werden Bakterien, die krank machen, genannt?
10. Wie werden beim Antibiogramm die Bereiche genannt, auf denen die Bakterien nicht wachsen konnten?
11. Ist die Lactase vorhanden, dann färbt sich das Nachweisreagenz...
12. Bakterien besitzen... DNA.
13. Was passiert, wenn dasselbe Antibiotikum sehr häufig bei einer Erkrankung eingesetzt wird? Es bilden sich...
14. Das Erbmateriale liegt der Bakterien... im Zellplasma vor.
15. Womit kann nachgewiesen werden, ob ein Bakterium gegen bestimmte Antibiotika resistent ist?

3 Literaturverzeichnis

- Antão, E.-M. & Wagner-Ahlf, C. (2018). Antibiotikaresistenz. Eine gesellschaftliche Herausforderung. *Bundesgesundheitsblatt- Gesundheitsforschung- Gesundheitsschutz*, 61, 499-506.
- Becker, B. (2016). Biochemische Verfahren zur Identifizierung von Bakterien. Physiologische Eigenschaften. In J. Baumgart, B. Becker & R. Stephan (Hrsg.), *Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln. Ein Leitfaden für das Studium* (S. 170-172). Auflage 6. Hamburg: B.Behr`s Verlag GmbH & Co. KG.
- Bundesministerium für Gesundheit (2019). Infektionskrankheiten. Letzter Zugriff am 20. März 2021, Verfügbar unter <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/gesundheitsgefahren/infectionskrankheiten.html>
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2018). MRSA. Letzter Zugriff am 15. März 2021, Verfügbar unter <https://www.infektionsschutz.de/erregersteckbriefe/mrsa.html#c988>
- Eschenhagen, D., Kattmann, U. & Rodi, D. (1998). Sozialformen. Zu den Begriffen. In U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 192). Köln: Aulis Verlag Deubner & Co. KG.
- Fille, M. & Ziesing, S. (2016). Antibakterielle Wirkung. In S. Suerbaum, G.-D. Burchard, S. H. E. Kaufmann & T. F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (S. 709-711). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Fonds der chemischen Industrie. Bakterien und Viren als Krankheitserreger. Letzter Zugriff am 10. März 2021, Verfügbar unter <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/2017-09-unterrichtsmaterial-antibiotika-arbeitsblaetter-fuerschueler.pdf>
- Fuchs, G. (2014). Die Mikroorganismen- eine kurze Einführung. In G. Fuchs (Hrsg.), *Allgemeine Mikrobiologie* (S. 37-48). Auflage 9. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Josenhans, C. & Hahn, H. (2016a). Bakterien: Definition und Aufbau. In S. Suerbaum, G.-D. Burchard, S. H. E. Kaufmann & T. F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (S. 173-181). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Killermann, W., Hering, P. & Starosta, B. (2011). *Biologieunterricht heute – Eine moderne Fachdidaktik* (14. Aufl.). Donauwörth: Auer Verlag.
- Klein, P. & Hahn, H. (1991). Die Bakterienkultur und ihre Grundlagen. Die verschiedenen Typen von Kulturmedien. In H. Hahn, D. Falke & P. Klein (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie* (S. 37). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Krapp (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 191 & 198.

- Meyer, H. (1989). *Unterrichtsmethoden. 2. Praxisband*. Frankfurt am Main: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co..
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2011a). Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen. Biologie. Letzter Zugriff am 22. März 2021, Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/RS/Biologie/KLP_RS_BI.pdf
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2011b). Kernlehrplan für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen. Lernbereich Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik. Letzter Zugriff am 22. März 2021, Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/hauptschule/NW_HS_KLP_Endfassung.pdf
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). Kernlehrplan für die Gesamtschule. Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik. Letzter Zugriff am 22. März 2021, Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/197/g9_bi_klp_%203413_2019_06_23.pdf
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. Biologie. Letzter Zugriff am 22. März 2021, Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/197/g9_bi_klp_%203413_2019_06_23.pdf
- Nethe-Jaenchen, R. (2008). Mikrobielles Wachstum. Untersuchung von Stoffwechselprozessen. In K. Munk (Hrsg.), *Taschenlehrbuch Biologie. Mikrobiologie* (S. 302). Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Robert Koch Institut (2016). Staphylokokken -Erkrankungen, insbesondere Infektionen durch MRSA. Letzter Zugriff am 15. März 2021, Verfügbar unter https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Staphylokokken_MRSA.html;jsessionid=E854E21D9B2301023F92BFA7C23BE9BD.internet121#doc2373986bodyText2
- Schmiemann, P. (2014). Fachwissen erwerben und anwenden. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 252-253). Berlin: Cornelsen Schulverlage GmbH.
- Schneider, E. (2014). Mikroorganismen als Symbionten und Antagonisten. Virale Krankheitserreger und Prionen. In G. Fuchs (Hrsg.), *Allgemeine Mikrobiologie* (S. 670-671). Auflage 9. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Seedat, J. & Winkler, M. (2021). Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die Anzahl der gemäß IfSG meldepflichtigen Nachweise von Erregern mit Antibiotikaresistenzen und *C. difficile*-Infektionen. *Epidemiologisches Bulletin*, 7, S. 8-10.
- Stöcker, W. & Schlumberger, W. (2019). Antibioogramm. In A. M. Gressner & T. Arndt (Hrsg.), *Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik* (S. 138). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- World Health Organization. Tuberculosis. Letzter Zugriff am 20. März 2021, Verfügbar unter https://www.who.int/health-topics/tuberculosis#tab=tab_1

Ziesing, S., Heim, A. & Vonberg, R.-P. (2016). Methoden der mikrobiologischen Diagnostik. In S. Suerbaum, G.-D. Burchard, S. H. E. Kaufmann & T. F. Schulz (Hrsg.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie* (S. 131-148). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.