

Biologie 10. Klasse im LehrplanPLUS

1 Ökosystem Mensch

Thomas Nickl, November 2021

Der LehrplanPLUS startet mit der 10. Klasse im September 2022. Wie immer steht es Ihnen offen, Teile des Lehrplans innerhalb des Schuljahres umzustellen, anders zu benennen, anders zu gliedern. Ich halte die vorgeschlagene Reihenfolge aber für sinnvoll, denn „Ökosystem Mensch“ bildet einen direkten Anschluss an die 9. Klasse. Meine Gliederung lehnt sich an den LehrplanPLUS an.

Inhalt:

Allgemeine Vorbemerkungen	1
Zeitplan	2
0 Wiederholung des Grundwissens	2
1 Ökosystem Mensch	2
1.1 Der Mensch und seine Bewohner	2
1.2 Bakterien als Krankheitserreger	4
1.3 Viren als Krankheitserreger	6
1.4 Infektionen vermeiden!	7
1.5 Unspezifische Abwehr einer Infektion	10
1.6 Spezifische Abwehr einer Infektion	13
1.7 Immunisierung	18
1.8 Antibiotika	23

Allgemeine Vorbemerkungen

Die Betrachtung des Menschen als Ökosystem tritt zum ersten Mal in einem bayerischen Lehrplan auf. Sie entspricht einer Sichtweise, die sich in letzter Zeit in der Medizin immer stärker ausbreitet: Beispielsweise lassen sich pathogene Bakterien im Darm nicht nur durch Antibiotika bekämpfen (die auch etliche erwünschte Arten vernichten), sondern durch die Gabe von symbiotischen Bakterien, die den pathogenen Arten den Lebensraum streitig machen. Aufgrund dieses neuen Blickwinkels muss der Unterricht bezüglich einiger Lernziele ganz neu geplant werden, auch wenn einige Aspekte des Lernbereichs *Ökosystem Mensch* beim Thema *Immunsystem* in der 9. Klasse des G8 bereits vorgekommen sind.

Die Schüler sollen erkennen, dass der Mensch nur lebensfähig ist, wenn er von seinen mikrobiellen Symbionten unterstützt wird. Bezieht man die Zellen im Blut mit ein, besteht der menschliche Körper aus etwa 40 Billionen Zellen. Die Anzahl der Bakterien in und auf einem Erwachsenen erreicht die gleiche Größenordnung (die Angabe, die Anzahl der Bakterienzellen im Ökosystem Mensch sei 10 bis 100 mal höher als die der menschlichen Zellen berücksichtigt die Blut bildenden Zellen nicht). Dazu kommt noch einmal die gleiche Anzahl an Viren, v. a. Bakteriophagen. [Quelle: © 2020 Daniel Bojar: Virobiom – Nützliche Bakterienkiller; in Spektrum der Wissenschaft 6.20, Seite 42; Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg]

In der 10. Klasse haben die Schüler weniger Schwierigkeiten als zuvor in der 9. Klasse, das komplexe Immunsystem des Menschen zu verstehen. Daraus letztlich den Sinn von Impfungen abzuleiten, dürfte in manchen Klassen eine Herausforderung für die Lehrkraft darstellen.

Die vorgeschlagenen 16 Stunden für diesen Lernbereich sind nicht eben üppig bemessen, reichen aber aus, wenn man sich auf die im LehrplanPLUS genannten Lerninhalte beschränkt. Allerdings kann die (vom LehrplanPLUS bei *Kompetenzen* geforderte) Diskussion zur Impfung, je nach Lage der Klasse, ziemlich viel Zeit beanspruchen.

Die in diesem Skript aufgeführten **Arbeitsblätter** und weitere dort genannte Medien finden Sie auf meiner Webseite unter *Materialien* → *Materialien Mittelstufe LehrplanPLUS* → *10. Klasse*; zusätzlich habe ich die docx- und pdf-Dateien der Arbeitsblätter sowie die jpg-Dateien von Abbildungen in diesem Skript verlinkt.

Zeitplan

Der LehrplanPLUS sieht für den Lernbereich 2 „Ökosystem Mensch“ ca. 16 Unterrichtsstunden vor. Die folgende Tabelle zeigt einen Vorschlag für einen Zeitplan:

Nummer	Abschnitte	Stunden
0	Wiederholung von Grundwissen, Einführung in das Schuljahr	–
1.1	Der Mensch und seine Bewohner	2
1.2	Bakterien als Krankheitserreger	2
1.3	Viren als Krankheitserreger	1,5
1.4	Infektionen vermeiden!	2,5
1.5	Unspezifische Abwehr einer Infektion	1,5
1.6	Spezifische Abwehr einer Infektion	3
1.7	Immunisierung	2,5
1.8	Antibiotika	1
	Summe	16

0 Wiederholung von Grundwissen

In den ersten zwei bis drei Monaten sollte das Grundwissen aus den vorangegangenen Schuljahren in kleinen Portionen wiederholt werden. Dabei sollten diejenigen Aspekte Vorrang haben, die in den nächsten Unterrichtsstunden eine Rolle spielen: für diesen Lernbereich das Grundwissen zu Bakterien und Molekulargenetik. Zudem sollten die Präkonzepte der Schüler evaluiert werden, z. B. was sie mit Bakterien assoziieren, die den Menschen bewohnen.

Arbeitsblatt: Aufgaben 1: Ökosystem Mensch [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Arbeitsblatt: Evaluation von Vorwissen zu Stoff- und Teilchenebene [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

1 Ökosystem Mensch (ca. 18 h)

1.1 Der Mensch und seine Bewohner (ca. 2 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Biozönose in Wechselbeziehung mit dem Menschen: Symbionten (z. B. Bakterien im Darm und auf der Haut), Parasiten und Krankheitserreger (z. B. Plasmodien, Borrelien), ggf. weitere	beschreiben Wechselbeziehungen zwischen dem Menschen und anderen Lebewesen, die auf und im menschlichen Körper leben, um Maßnahmen und Verhaltensweisen für eine gesundheitsbewusste Lebensführung abzuleiten.
Vorwissen: Jgst. 9 Biologie , Lernbereich 2: Mikroorganismen in der Biotechnologie (Bakterien)	Weiterverwendung: -

Als Einstieg könnten die Ergebnisse der Aufgaben 1-4 des Arbeitsblatts *Aufgaben 1: Ökosystem Mensch* gemeinsam vorgestellt und besprochen werden. Dabei wird der Wiederholung zum der Bau einer Bakterienzelle erarbeitet, dass der Mensch auch von Bakterien besiedelt ist, wobei auf jede menschliche Zelle (einschließlich der Blut bildenden Zellen) etwa eine Bakterienzelle kommt. Die meisten Bakterien befinden sich im Darm und haben ein Gewicht von etwa zwei Kilogramm. Schüler, die mit Bakterien vor allem oder nur pathogene Formen assoziieren, erfahren, dass der Großteil des bakteriellen Mikrobioms des Menschen harmlos bzw. nützlich für uns ist. Der Fachbegriff „Mikrobiom“ als Gesamtheit aller Mikroorganismen im und auf dem Menschen steht zwar nicht im Lehrplan, kann aber eingeführt werden.

Hinweis: Der Singular von Bakterien ist Bakterium; die Form Bakterie gilt als veraltet.

*Literaturtipptipp: Giulia Enders: **Darm mit Charme**. Ullstein 2015 (Zeigt auf lustige, lässige und medizinisch-lehrreiche Weise die Bedeutung des Darms für Gesundheit und Wohlbefinden auf. (Hinweis: Für die Nennung dieses Buches erhalte ich keinerlei Vergünstigungen.)*

1.1.1 Symbionten

Die Symbiose tritt an dieser Stelle zum ersten Mal im LehrplanPLUS Biologie für Gymnasien auf. Nur wenn in der 9. Klasse beim Thema Boden beispielsweise Mykorrhiza besprochen wurde, könnten die Schüler diesen Begriff bereits kennen. In der Regel müssen aber die Fachbegriffe Symbiose und Symbiont neu eingeführt werden.

die Symbiose: Lebensgemeinschaft, bei der beide Partner wechselseitig voneinander profitieren
der Symbiont: Partner in einer Symbiose

Beispiele:

Hinweis: Im LehrplanPLUS steht „z. B.“, Sie können also auch andere Beispiele verwenden.

a) Darmbakterien, die einen großen Teil der Verdauung der Makronährstoffe (= Zerlegung der Makromoleküle in Bruchstücke und letztlich in die Grundbausteine) übernehmen, für den Menschen unverdauliche Stoffe wie Zellulose (Ballaststoffe) abbauen, Vitamine produzieren usw.; zwangsläufig anaerobe Lebensweise.

Wesentlicher Gesichtspunkt: Wenn die symbiotischen Darmbakterien überwiegen, besetzen sie weite Bereiche des Darmlumens, v. a. diejenigen nahe bei den Schleimhäuten, und verhindern dadurch, dass sich pathogene Bakterien stark vermehren können. (Neue Forschung zeigen, dass im Darm von Wirbeltieren auch eine große Vielfalt von Archaeen lebt.)

Prozessbezogene Kompetenz Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler erhalten die Hypothese: „Ob Mäuse schlank oder übergewichtig sind, hängt vor allem von deren Darm-Mikrobiom ab.“ Daraus entwickeln die Schüler einen geeigneten Ver-

suchsaufbau (in den Darm steriler Mäusen ohne Darm-Mikrobiom werden Darmbakterien von schlanken bzw. von übergewichtigen Mäusen übertragen; dann werden alle Versuchstiere vollwertig mit identischem Futter ernährt und schließlich gewogen). Das Ergebnis kann in der Schule nicht experimentell ermittelt, sondern muss mitgeteilt werden: Die Hypothese wurde experimentell verifiziert.

b) Bakterien auf der Haut setzen durch Abbau des Hautfetts Fettsäuren frei, wodurch der pH-Wert der Haut schwach sauer wird (ca. pH 5,5). Dadurch wird das Wachstum bestimmter pathogener Mikroorganismen gehemmt. Aerobe Lebensweise. Hinweis auf hautverträgliche Cremes oder Spülmittel mit pH 5,5.

1.1.2 Parasiten und Krankheitserreger

Der Fachbegriff Parasit wird neu eingeführt.

der Parasit: Lebewesen, das in oder auf einem anderen Lebewesen, dem Wirt, lebt und diesen dadurch schädigt (einseitiger Nutzen für den Parasiten). Ein Parasit muss nicht zwangsläufig eine Krankheit im Wirt auslösen.

der Parasitismus: Lebensbeziehung zwischen Parasit und Wirt

der Krankheitserreger: Lebewesen, das seinen Wirt dadurch schädigt, dass es z. B. durch Abgabe giftiger Stoffe oder durch Zerstörung von Wirtszellen Krankheiten im Wirt auslöst

Beispiele:

Hinweis: Im LehrplanPLUS steht „z. B.“, Sie können also auch andere Beispiele verwenden.

a) Plasmodien: Plasmodien sind eukaryotische Einzeller (ohne Zellwand), die abwechselnd Zweiflügler wie z. B. Stechmücken und Säugetiere wie z. B. den Menschen als Wirt nutzen. Die Stechmücke Anopheles überträgt insgesamt fünf Arten der Gattung *Plasmodium* auf den Menschen, die unterschiedliche Ausprägungen der Krankheit Malaria auslösen. Sie ist durch wiederkehrende Fieberschübe, starke Kopfschmerzen, Krämpfe und Übelkeit gekennzeichnet. In Regionen, wo sie häufig auftritt, schwächt sie die wirtschaftliche Arbeitskraft. Vorbeugende Maßnahmen zielen darauf ab, die Fortpflanzung der Anopheles-Mücke einzudämmen (Trockenlegung bzw. Vergiftung der Laichgewässer; Verbot offener Wasserflächen wie z. B. Pfützen, Eimer usw.; massenhaftes Aussetzen steriler Männchen). Hinweis: Es ist nicht sinnvoll, Einzelheiten des Fortpflanzungszyklus der Plasmodien zu besprechen; wichtiger sind die genannten übergeordneten medizinischen, ökologischen und wirtschaftlichen Aspekte.

b) Borrelien (Achtung Schreibweise: 2 R, 1 L): Vor allem Zecken übertragen unterschiedliche Bakterien-Arten aus der Gattung *Borrelia* und lösen damit bei Vögeln und Säugetieren (einschließlich des Menschen) die Krankheit Borreliose aus. Etwa ein Drittel der Zecken in Süddeutschland enthalten Borrelien. Der Krankheitsverlauf beginnt oft mit Muskel- und Gelenkschmerzen und einem charakteristischen Hautausschlag („Wanderröte“). Nach Beschwerdefreiheit kommt es oft zum zweiten Stadium mit Fieber, starken Schweißausbrüchen und dem Befall verschiedener Organe. Nach weiterer monate- bis jahrelanger Beschwerdefreiheit kann es zu einem dritten Stadium mit vielfältigen Krankheitsbildern kommen, z. B. chronische Gelenkentzündung oder Gehirnhautentzündung (Meningitis). Vorbeugung: In Landschaften mit befallenen Zecken Arme und Beine bedecken (lange Ärmel, lange Hosen).

Hinweis: Durch Zecken wird auch das *FSME-Virus* übertragen, das die Frühsommer-Meningoenzephalitis, eine Entzündung von Gehirn und Hirnhaut, hervorrufen kann. Gegen FSME gibt es eine Impfung, gegen Borreliose nicht.

1.2 Bakterien als Krankheitserreger (ca. 2 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Bakterien als Krankheitserreger: Populationsentwicklung der Erreger, Schädigung des Menschen (z. B. durch Abgabe von Giftstoffen), Angepasstheiten an den Menschen als Ökosystem (z. B. anaerober Stoffwechsel bei Darmbakterien)	unterscheiden bakterielle und virale Infektionen, beschreiben an ausgewählten Beispielen deren Verlauf
Vorwissen: Jgst. 9 Biologie , Lernbereich 2: Mikroorganismen in der Biotechnologie (Bakterien)	Weiterverwendung: -

Im Abschnitt 1.1 haben die Schüler Beispiele für Bakterien als Krankheitserreger kennen gelernt. Im Abschnitt 1.2 werden exemplarisch deren Angepasstheiten an ihre Lebensweise beleuchtet. Vorbereitende Hausaufgabe: Aufgabe 5 auf dem Arbeitsblatt *Aufgaben 1: Ökosystem Mensch*

1.2.1 Populationsentwicklung der Erreger

Wiederholung aus der 9. Klasse: exponentielles Wachstum einer Bakterienpopulation. Neu dazu kommende Aspekte: Verringerung der Wachstumsrate, stationäre Phase mit etwa gleichbleibender Anzahl der Bakterien (Ursache: begrenzte Ressourcen wie Nahrung, begrenzter Lebensraum usw.), ggf. Absterbephase.

Erarbeiten eines beschrifteten Diagramms mit einer typischen Vermehrungskurve einer Bakterienkultur.

Wachstumskurve ohne [\[jpg\]](#) und mit Beschriftung [\[jpg\]](#)

Lied „Wachstum“ (Vielfalter live im KEKK 1986; ©Thomas Nickl) [\[MP3\]](#); Text dazu [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

1.2.2 Schädigung des Menschen

Bakterien können den Menschen in unterschiedlicher Weise schädigen, z. B.:

- durch Stoffwechselprodukte bzw. Giftstoffe, die sie als lebende Zellen abgeben. **Beispiel:** Wundstarrkrampf (Tetanus) – Die Sporen (Überdauerungs-Stadien) des Bodenbakteriums *Clostridium tetani* gelangen über Wunden in den menschlichen Körper, keimen dort unter anaeroben Bedingungen aus und sondern einen Giftstoff ab, der efferente motorische Nervenzellen (welche die Muskeltätigkeit steuern) schädigt und somit zu Krämpfen führt. Vorbeugung: Impfung.
- durch Teile der Zellwand, die nach dem Absterben der Bakterienzellen freigesetzt werden. **Beispiel:** Salmonellen können sich in Lebensmitteln stark vermehren, werden mit der Nahrung aufgenommen (z. B. verdorbenes Speiseeis) und rufen Erbrechen und Durchfall hervor. Bei starken Durchfällen droht übermäßiger Verlust von Wasser und Mineralsalzen. In so einem Fall sollte der Patient viel mineralsalzhaltige Flüssigkeit zu sich nehmen.
- durch Einschleusen bestimmter Proteine in menschliche Zellen. **Beispiel:** Das Bakterium *Helicobacter pylori* ist eines der sehr wenigen Lebewesen, das im stark sauren Milieu des Magens leben kann. Mit Hilfe eines nadelartigen Fortsatzes kann es ein zuckerhaltiges Protein in die Magenschleimhautzellen injizieren, das diese Zellen so umsteuert, dass es letztlich zu einer Entzündungsreaktion kommt. (Obwohl schon lange bekannt war, dass das Bakterium im Magen lebt, wurde es erst 1989 als Ursache von Magengeschwüren erkannt.)

1.2.3 Angepasstheiten an das Ökosystem Mensch

Die Schüler könnten sich in die Lage eines Bakteriums versetzen, das im oder auf dem Menschen lebt, und aus diesem Blickwinkel Ansprüche bzw. Probleme formulieren, für die anschließend Hypothesen zu möglichen Lösungsstrategien entwickelt werden. Es kommt hierbei weniger auf eine Liste bestimmter Angepasstheiten an als vielmehr um den Perspektivwechsel und die problemorientierte Denkweise. Beispiele für solche Angepasstheiten:

- Abnahme des Sauerstoffgehalts innerhalb des Verdauungstrakts: Mundbakterien können problemlos aerob leben, Darmbakterien müssen über anaerobe Abbauege verfügen.
- Bewegung von Darminhalt bzw. Blut: Bakterien, die lange am gleichen Ort leben, müssen über Mechanismen verfügen, sich an die Wand des Darms bzw. der Blutgefäße anzuheften, oder sich aktiv gegen den Strom bewegen können (z. B. durch Geißeln)
- Leben im stark sauren Milieu des Magens: *Helicobacter pylori* lebt vor allem im Schleim der Magenschleimhaut (der die Magenwand von der Salzsäure schützt) und besitzt das Enzym Urease, das Harnstoff in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak spaltet (das ergibt eine Produktgemisch mit basischem pH-Wert, das die Magensäure teilweise neutralisiert)
- Die Körpertemperatur des Menschen liegt bei etwa 37 °C (in der Leber bei etwa 40 °C): Im Menschen lebende Bakterien vermehren sich bei 37 °C am schnellsten. Anwendung dieses Wissens: Die Temperatur von Warmwasser im Haushalt sollte weit über 37 °C liegen, damit sich im Rohrsystem keine Bakterien vermehren können, die den Menschen schädigen (humanpathogene Keime) wie z. B. *Legionellen*.

1.3 Viren als Krankheitserreger (1,5 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Viren als Krankheitserreger: Bau und lytischer Vermehrungszyklus von Viren	unterscheiden bakterielle und virale Infektionen, beschreiben an ausgewählten Beispielen deren Verlauf
Vorwissen: Jgst. 9 Biologie , Lernbereich 3.1: Speicherung und Realisierung genetischer Information	Weiterverwendung: -

Viren tauchen an dieser Stelle im LehrplanPLUS für Biologie zum ersten Mal auf. Auch wenn es nicht explizit im Lehrplan aufgeführt ist, sollte kurz auf die Frage eingegangen werden, ob Viren Lebewesen darstellen oder nicht. Ebenso ist auf das korrekte grammatikalische Geschlecht zu achten: Das Virus in der Biologie ist Neutrum, der Virus beim Computer ist Maskulinum. Vorbereitende Hausaufgabe: Aufgabe 6 auf dem Arbeitsblatt *Aufgaben 1: Ökosystem Mensch*

Der britische Biologe und Nobelpreisträger nannte krankheitserregende Viren einmal als „schlechte Nachrichten, in Protein verpackt“.

1.3.1 Bau eines Virus

Viren können sehr unterschiedlich aufgebaut sein und sehr unterschiedliche Größen erreichen. Allen gemeinsam sind aber folgende Baumerkmale:

- sehr kleiner Nukleinsäure-Strang mit wenigen Genen, entweder in Form von DNA oder RNA (= das Virus-Genom)
- Virus-Hülle aus Proteinen

Weitere Bauteile bei bestimmten Viren:

- Zellmembran um die Virus-Hülle (stammt von der ehemaligen Wirtszelle)
- Enzyme innerhalb der Virus-Hülle, z. B. ein Enzym, das DNA anhand der Information auf einer RNA herstellt
- spezielle Proteine in der Virus-Hülle bzw. der Zellmembran, die nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an Oberflächenstrukturen der Wirtszelle andocken und dadurch bewirken, dass das Virus in die Wirtszelle eindringt

Dazu wird eine beschriftete Skizze entwickelt.

1.3.2 Vermehrungszyklus von Viren

Hier ist eine Übersicht mit eher wenigen neuen Fachbegriffen nachhaltiger als eine Darstellung mit vielen Details. Obligat sind die Fachbegriffe „die Lyse“ (= Auflösung der Wirtszelle) und „lytischer Zyklus“ (ein Vermehrungszyklus, bei dem die Wirtszelle geöffnet werden muss, wodurch sie stirbt). Der Gesichtspunkt des Kreislaufs ist hervorzuheben.

- Phase 1: Andocken an die Wirtszelle (s. o.) und Eindringen in die Wirtszelle (z. B. durch Phagozytose; *dieser Fachbegriff ist nicht obligat*)
- Phase 2: Freisetzung des Virus-Genoms in das Zytoplasma der Wirtszelle
- Phase 3: Umsteuerung der Wirtszelle, d. h. Synthese der Virus-Proteine (Hülle und ggf. weitere) und Vervielfältigung des Virus-Genoms (DNA bzw. RNA) anhand von Baustoffen in der Wirtszelle und mit Hilfe von Enzymen der Wirtszelle; meist gleichzeitig Abschaltung der Synthese wirtszellspezifischer Proteine; self-assembly (*dieser Fachbegriff ist nicht obligat*), d. h. spontanes Zusammenfügen der Virus-Bauteile zum kompletten Virus
- Phase 4: lytische Phase, d. h. Aufplatzen der Zellmembran der Wirtszelle und dadurch Freisetzung der fertigen Viren, die sofort danach Nachbarzellen befallen; bei bestimmten Viren wird dabei ein Teil der Wirts-Zellmembran mitgenommen, die eine Hülle um die Proteinkapsel des Virus bildet

1.3.3 Beispiele für virale Infektionen

Dieser Lerninhalt steht nur unter *Kompetenzerwartungen*. Keine Vertiefung, sondern lediglich Nennung von Beispielen und ggf. bei einem Beispiel Angaben zum Verlauf (Dauer, Symptome).

Beispiele: FSME (s. o.), Kinderlähmung, Covid-19, Erkältung, Grippe (eine stark unterschätzte Krankheit, die durchaus tödlich enden kann), Herpes, Masern.

1.3.4 Lebewesen oder nicht?

Wie oben erwähnt, nennt der LehrplanPLUS diesen Lerninhalt nicht, aber er ist gut als Übung geeignet, anhand bekannter Kriterien ein Urteil zu erarbeiten.

Viren besitzen ein Genom und damit ein notwendiges und sehr spezifisches Charakteristikum des Lebens. Aber sie verfügen über keine eigenständige Vermehrung, kein Wachstum, keinen eigenen Stoffwechsel, keine aktive Bewegung. Deshalb betrachten viele Wissenschaftler Viren nicht als echte Lebewesen.

Die Schüler könnten in diesem Zusammenhang folgende Aussagen beurteilen:

- (1) „Erkältungs-Viren vermehren sich in menschlichen Schleimhautzellen.“

- (2) „Durch Alkohol-Spray können Viren abgetötet werden.“
 (3) „Erkältungs-Viren bewegen sich vom Mund-Nasen-Raum hinunter in die Lunge.“

(Viren vermehren sich nicht, sie lassen sich vermehren. Wenn Viren keine Lebewesen darstellen, können sie auch nicht abgetötet werden. Viren bewegen sich nicht selbst, im gegebenen Fall werden sie passiv durch den Luftstrom bewegt.)

1.4 Infektionen vermeiden!

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Verhaltensweisen zur Vermeidung einer Infektion: Übertragungswege von Krankheitserregern, Hygiene und Körperpflege, gezielte Schutzmaßnahmen (u. a. gegen HIV) <i>Lernbereich 1: Gesundheitsbewusstsein und Verantwortung: u. a. Hygiene, Ernährung</i>	unterscheiden bakterielle und virale Infektionen, beschreiben an ausgewählten Beispielen deren Verlauf und beurteilen Möglichkeiten und Grenzen des Infektionsschutzes und der Therapie.
Vorwissen: -	Weiterverwendung: -

Durch die Covid-19-Pandemie haben die Schüler großes Vorwissen zur Vermeidung von Infektionen. Man sollte ihnen Gelegenheit geben, diese Kompetenzen in den Unterricht einzubringen, indem sie Maßnahmen nennen und begründen. Vorbereitende Hausaufgabe: Aufgabe 7 auf dem Arbeitsblatt *Aufgaben 1: Ökosystem Mensch*

Seit bekannt ist, dass bestimmte Krankheiten durch Mikroorganismen hervorgerufen werden und wie die Infektionswege verlaufen, konnten Maßnahmen entwickelt werden, durch die Infektionen vermieden werden können.

Der Fachbegriff Pandemie sollte definiert werden: weltweite Infektionswelle (zeitlich begrenzt) mit neuem Erreger bei hohen Infektionszahlen und meist auch schweren Krankheitsverläufen. Eine Epidemie ist dagegen räumlich begrenzt.

Untersuchung: Händewaschen

Wenn die Untersuchung in der 9. Klasse beim Thema Mikroorganismen noch nicht gemacht wurde, bietet sie einen guten Einstieg in diesen Abschnitt:

Es werden sterile Kunststoff-Petrischalen mit Nähragar bereit gestellt. Auf den Agar werden z. B. die Fingerspitzen einer Hand gedrückt, die Deckel sofort wieder aufgesetzt, die Petrischalen mit Klebestreifen verschlossen (vgl. Gefahrstoffverordnung!) und bei ca. 40 °C eine Woche lang bebrütet.

Vorbehandlung der Hände:

- a) ungewaschen
- b) kurz mit Seife gewaschen
- c) intensiv mindestens 30 Sekunden lang mit Seife gewaschen
- d) mindestens 30 Sekunden lang mit Desinfektionsmittel (z. B. alkoholischer Lösung) gerieben

Das Ergebnis zeigt, dass bei ungewaschenen Händen unterschiedliche Mikroorganismen meist recht üppig wachsen. Nach kurzem Waschen kann der Bewuchs bisweilen noch stärker ausfallen, wenn trotz der Entfernung vieler Keime die verbleibenden flächig verteilt wurden. Dagegen sollten nach intensivem Waschen deutlich weniger Keime wachsen und ggf. noch weniger nach Desinfektion.

1.4.1 Übertragungswege von Krankheitserregern

An dieser Stelle sollten verschiedene Übertragungswege angesprochen werden, jeweils anhand eines konkreten Beispiels (oder mehr). Vorschläge:

- Tierbiss bzw. -stich: Manche Erreger leben in zwei Wirtsorganismen und werden von einem Tier auf den Menschen übertragen. Beispiele: *Borrelia* und *FSME-Viren* durch Zeckenbiss (s. o.); *Plasmodien* (Erreger der Malaria) durch die Anopheles-Mücke (s. o.); das Pestbakterium *Yersinia pestis* gelangt von der Ratte in den Floh, der ihr Blut saugt, und vom Floh in den Menschen, wenn sie dessen Blut saugt. (Beim Thema Pest könnte auf die geschichtliche Bedeutung dieser Seuche eingegangen werden und auf die Methoden, die in früheren Jahrhunderten zu ihrer Bekämpfung eingesetzt wurden.)
- Schmierinfektion: durch direkten Kontakt (z. B. Hautkontakt mit einem infizierten Menschen oder sonstigem Wirtstier; Händeschütteln, Streicheln) bzw. durch indirekten Kontakt (Berührung von Gegenständen, die mit dem Erreger verunreinigt sind; gemeinsames Benutzen von Geschirr, Besteck, Spritzbesteck). Beispiele: *Adenoviren*, die v. a. Erkrankungen des Atemsystems hervorrufen (Husten, Schnupfen); *Herpes-simplex-Viren*, die Bläschen in den Mundwinkeln verursachen, aber auch Gürtelrose; *Hepatitis-A-Viren*, die eine Leberentzündung des Typs A bewirken.
- Tröpfchen-Infektion: Bei einem Aerosol schweben winzige Flüssigkeits-Tröpfchen in Luft. Wenn diese Tröpfchen aus dem Atemweg einer infizierten Person stammen, können sie Krankheitserreger enthalten. Beim Einatmen gelangen sie in das Atemsystem einer anderen Person. Aerosole entstehen beim Ausatmen (Reichweite bis etwa 1,5 Meter), in größerer Menge beim Singen und in sehr großer Menge beim Husten oder Niesen (Reichweite mehrere Meter). Beispiele: *Grippeviren*, welche die echte Grippe (Influenza) hervorrufen (hier könnte auf die Pandemie der sogenannten Spanischen Grippe eingegangen werden, eine Pandemie in drei Wellen zwischen 1918 und 1920, die zwischen 20 und 50 Millionen Todesopfer forderte); *Sars-Cov-2*, ein Coronavirus, das 2019 erstmals nachgewiesen wurde und zu einer Pandemie mit Logdowns führte; es löst die Krankheit Covid-19 (*corona virus disease 2019*) aus.
- Kontakt-Infektion durch Austausch von Körperflüssigkeiten: z. B. beim Küssen oder beim ungeschützten Geschlechtsverkehr. Beispiele: *Hepatitis-B-Viren*, die eine Leberentzündung des Typs B bewirken.

1.4.2 Hygiene und Körperpflege

- Husten- und Nieshygiene: nicht in den Raum husten und niesen, damit keine großen Mengen Aerosol meterweit weg geschleudert werden; nicht in die Hand husten und niesen, um nicht Gefahr zu laufen, mit dieser Hand beim Berühren von Gegenständen oder beim Handgeben Erreger weiter zu geben; besser: in ein Tuch oder in die Armbeuge husten und niesen.
- Waschen: Auf feuchten Hautregionen wie der Achselhöhle oder dem Schambereich wachsen Bakterienkulturen. Beim Waschen, v. a. mit waschaktiven Substanzen wie Duschgel oder Seife, wird der größte Teil dieser Bakterien weg gewaschen. Zu häufiges Waschen kann aber schädlich wirken, denn dann werden auch die symbiotischen Hautbakterien entfernt, die für den Säureschutzmantel der Haut verantwortlich sind; echte Seifen wirken basisch und zerstören den Säureschutzmantel durch Neutralisation.
- Desinfektion: Alkohol tötet Bakterien ab und zerstört die meisten Viren. Bei erhöhter Infektionsgefahr ist es also sinnvoll, gemeinsam benutzte Oberflächen bzw. die Handflächen immer wieder mit Alkohol zu desinfizieren.

1.4.3 Gezielte Schutzmaßnahmen gegen Covid-19

Solange Covid-19 Bedeutung für den Schüleralltag hat bzw. bei den Schülern darüber Gesprächsbedarf herrscht, sollte dieser Teilabschnitt in den Unterricht einfließen (vgl. Aufgabe 7 auf dem Arbeitsblatt *Aufgaben 1: Ökosystem Mensch*).

Das Coronavirus Sars-Cov-2, das die Coronakrankheit Covid-19 verursacht, wird weitestgehend durch Tröpfcheninfektion übertragen. Die Schmierinfektion scheint nur eine sehr untergeordnete Rolle zu spielen. Die im folgenden aufgezählten Schutzmaßnahmen müssen nicht vollständig besprochen werden, vielmehr kommt es darauf an, den jeweiligen Mechanismus des Schutzes aufzuklären.

- möglichst geringe Entstehung von Aerosolen, die Erreger tragen könnten (Husten- und Nieshygiene; Verzicht auf Gesang oder das Spielen von Blasinstrumenten in geschlossenen Räumen)
- Lüften: Durch den Luftaustausch gelangen die Aerosol-Tröpfchen nach draußen.
- Abstand halten, weil die Tröpfchendichte mit steigendem Abstand vom Aerosol-Verursacher stark sinkt
- Tragen von Nasen-Mund-Schutz; sogenannte Operations-Masken verringern den Ausstoß von Tröpfchen beim Atmen und Sprechen sehr stark, schützen aber kaum vor der Aufnahme von Tröpfchen aus der Atemluft; sogenannte FFP2-Masken sorgen zusätzlich dafür, dass Tröpfchen aus der Atemluft nur in sehr geringer Menge beim Atmen aufgenommen werden. (Klinikpersonal auf Intensivstationen mit Covid-19-Patienten trägt Ganzkörperschutz, um Kontakt mit Aerosol-Tröpfchen noch effektiver einzudämmen.)
- relativ oft die Hände waschen: Eventuell auf den Händen befindliche Viren werden gewaschen.
- Wäsche bei 60 °C waschen: Die hohe Temperatur zerstört die Proteine der Virushülle; bei Vollwaschmitteln werden die Stoffe, aus denen das Virus besteht, durch Oxidation zerstört; die Viren werden gewaschen.
- Desinfektion von Oberflächen und Händen: Alkohol zerstört die Proteine der Virushülle und verhindert dadurch, dass die Viren in Zellen eindringen können.

Eventuelle Schüler-Aussagen wie: „Die Maske nützt ja sowieso nichts.“ usw. sollten auf jeden Fall zugelassen werden. Die Aussage sollte begründet und dann hinterfragt werden. Nicht nur Jugendliche haben oft große Probleme, Phänomene abgestuft zu betrachten statt schwarz-weiß. Eine Maske, die 80 Prozent der Aerosol-Tröpfchen abhält, ist nicht voll wirksam, auch nicht unwirksam, sondern zu 80 Prozent wirksam – das ist erheblich mehr als nichts.

1.4.4 Gezielte Schutzmaßnahmen gegen AIDS

Dieser Teilabschnitt ist obligat, denn im LehrplanPLUS steht die Formulierung: „u. a.“.

Richtlinien für die AIDS-Prävention:

http://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVV_2126_2_UK_138>true

Im LehrplanPLUS taucht das Thema AIDS an dieser Stelle zum ersten Mal auf, Vorwissen kann also nicht vorausgesetzt werden. AIDS hat in den Medien seit einiger Zeit einen verhältnismäßig geringen Stellenwert, obwohl diese Krankheit nach wie vor hochbrisant ist. Es ist also sinnvoll, mit einem AV-Medium einzusteigen, damit Schüler, die noch nichts davon gehört haben, sich ein Bild machen können. (Wenn der Wirkmechanismus des HI-Virus angesprochen werden soll, dann besser an späterer Stelle, wenn den Schülern die Funktion des

Immunsystems bereits bekannt ist. Hier geht es v. a. um Schutzmaßnahmen. Wer das Thema AIDS lieber ganzheitlich bespricht, sollte es komplett an das Ende des Lernbereichs stellen.)

Zunächst wird dargestellt, dass AIDS eine schwerwiegende und oft tödlich verlaufende Krankheit ist, die durch das HI-Virus hervorgerufen wird. Die Bedeutung dieser beiden Akronyme wird geklärt:

- AIDS = *acquired immune deficiency syndrome* (erworbenes Immunschwäche-Syndrom)
- HIV = *human immunodeficiency virus* (menschliches Immunschwäche-Virus)

Es ist sinnvoll, an dieser Stelle die Begriffe Syndrom und Symptom zu klären:

- das Symptom: ein Merkmal einer bestimmten Erkrankung
- das Syndrom: die Summe aller Symptome einer bestimmten Erkrankung

Übertragung der HI-Viren:

Ansteckung erfolgt nur durch Körperflüssigkeiten, die größere Mengen von HI-Viren enthalten wie Blut oder Flüssigkeiten des Fortpflanzungssystems (Sperma, Vaginalflüssigkeit) und in den Körper eindringen (z. B. durch kleine Wunden).

Schutzmaßnahmen:

- Beim Geschlechtsverkehr schützt nur ein Kondom vor Ansteckung.
- Beim Umgang mit Verletzten usw. schützen Einweghandschuhe. (Deshalb müssen diese im Erste-Hilfe-Kasten im Auto liegen.)
- Keine Mehrfach-Verwendung von Spritzen (z. B. bei Menschen mit Drogenabhängigkeit)

Umgang mit HIV-positiven Menschen:

Weitestgehend normal, denn es gibt bei HIV keine Übertragung durch Tröpfchen- oder Schmierinfektion. Schutz ist nur in den oben genannten Fällen notwendig. HIV-positive Personen nicht ausgrenzen!

1.5 Unspezifische Abwehr einer Infektion (1,5 h)

<i>Inhalte zu den Kompetenzen</i>	<i>Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...</i>
unspezifische Abwehr einer Infektion: Haut und Schleimhäute (Symbionten), Magensäure, Leukozyten, antimikrobielle Proteine, Entzündungsreaktion	erläutern körpereigene unspezifische [...] Abwehrmechanismen zum Schutz vor Parasiten und Krankheitserregern
Vorwissen: -	Weiterverwendung: -

Alle Lebewesen – vom Bodenbakterium über Waldbäume, Seeigel, Spatzen bis hin zum Menschen – sind von Infektionen bedroht. Individuen mit einem besseren Abwehrsystem überleben länger, sind gesünder und können deshalb mehr Nachkommen haben. Das Abwehrsystem ist also ein bedeutender Selektionsfaktor in der Evolution. Beim Menschen unterscheidet man zwischen der unspezifischen und der spezifischen Abwehr.

Die unspezifische Abwehr verfügt über Mechanismen, mit denen Mikroorganismen verdrängt, aus dem Körper befördert bzw. zerstört werden.

1.5.1 Haut und Schleimhäute

Das symbiotische Mikrobiom der Haut (Hautbakterien) setzt saure organische Stoffe frei (z. B. Fettsäuren), die der Hautoberfläche einen schwach sauren pH-Wert verleihen (ca. pH 5,5), der bei einigen Krankheitserregern die Enzymaktivität herab setzt. Andere Substanzen auf der Haut

können bestimmte Bakterien abtöten (vgl. Aufgabe 8 auf dem Arbeitsblatt *Aufgaben 1: Ökosystem Mensch*). Zudem verhindert eine dichte Besiedlung der Haut mit symbiotischen Mikroorganismen, dass sich dort krankheitserregende Keime ausbreiten können.

Schleimhäute befinden sich im Körperinneren z. B. in der Nase, in der Mundhöhle, in den Atemwegen, im Magen, im Darm oder in der Vagina. Die an der Oberfläche liegenden Schleimhaut-Zellen scheiden einen mehr oder weniger zähen Schleim aus, mit dem Mikroorganismen mechanisch entfernt (weggespült) werden.

Auch die Tränenflüssigkeit ist ein Schleimhaut-Sekret (das Sekret ist ein flüssiger Stoff, der abgeschieden = sezerniert wird), das Mikroorganismen wegspült (von der vorderen Augenoberfläche über den innen liegenden Tränenkanal in die Nase und von dort nach außen).

Die Schleimhäute der Tracheen und der Luftröhre besitzen Flimmerhärchen, die den Schleim nach außen befördern. Beim Husten wird eine größere Menge an Schleim schnell aus der Lunge befördert, wobei die ausgestoßene Luft Geschwindigkeiten bis über 100 km/h erreichen kann. (Der Vorgang des Hustens selbst ist also keine Krankheit, sondern ein Mechanismus zur Bekämpfung unerwünschter Mikroorganismen bzw. zum Freihalten der Atemwege – für manche Jugendliche ein neuer Gesichtspunkt!) Dem gleichen Zweck dient das Niesen bei den oberen Atemwegen, wobei die Luft im typischen Fall Geschwindigkeiten bis zu 160 km/h erreicht.

Auch die Schleimhäute werden von symbiotischen Mikroorganismen bewohnt, deren normalerweise dichte Besiedlung eine Ausbreitung krankheitserregender Keime verhindert.

1.5.2 Magen

Der Magensaft besitzt einen besonders sauren pH-Wert zwischen pH 1 und 1,5; das entspricht etwa verdünnter Salzsäure. Die Zellen der Magenwand stellen die Salzsäure HCl_{aq} aus Natriumchlorid NaCl her, das mit der Nahrung aufgenommen werden muss. Entgegen einer weit verbreiteten Irrmeinung dient die Magensäure nicht der Verdauung (wenn sich Hackfleisch in saurer Cola langsam zersetzt, so liegt das nicht am pH-Wert, sondern an mikrobieller Aktivität).

Die Aufgabe der Magensäure besteht darin, die Proteine von Mikroorganismen (und Viren), die mit der Nahrung aufgenommen wurden, zu zerstören (Säure-Denaturierung). Dieser Mechanismus ist sehr wirksam, aber nicht ganz zu 100 Prozent, so dass ein geringer Teil von Mikroorganismen unbeschadet in den Darm gelangt. Das ist im Falle von symbiotischen Mikroorganismen förderlich, während krankheitserregende Mikroorganismen durch weitere Mechanismen im Darm bekämpft werden müssen.

Wenn im Bereich der oberen Verdauungsorgane giftige Stoffe erkannt werden, kommt es zum Erbrechen. Dabei wird der Mageninhalt in mehreren Portionen stoßartig über den Mund entleert.

1.5.3 Darm

(Steht nicht im LehrplanPLUS, sollte aber kurz angesprochen werden.) Durch die Bewegung des Darminhalts werden Mikroorganismen, die sich nicht an der Darmwand anheften können, nach außen befördert. Wenn sich krankheitserregende Mikroorganismen in zu großer Menge im Darm befinden, kommt es zum Durchfall. Dabei wird die Rückresorption von Wasser aus dem Darminhalt in das Blut stark eingeschränkt. Bei sehr schwerem Durchfall besteht deshalb die Gefahr der inneren Austrocknung.

1.5.4 Riesenfresszellen (Makrophagen)

Im Blutplasma schwimmen unterschiedliche Blutzellen: die farblosen („weißen“) Leukozyten = weiße Blutzellen (der Begriff Blutkörperchen gilt als veraltet) und die roten Blutzellen (Erythrozyten).

Wortherleitung für Leukozyten: *leukos*, altgr.: weiß; *kytos*, altgr.: Höhlung, Gefäß (Zelle) (*obligater Fachbegriff für die Schüler, weil er unter „Lerninhalte“ steht*)

Hinweis: *Üblich ist die Schreibweise Leukozyt; die Schreibweisen mit einem bzw. zwei C halte ich aber ebenfalls für korrekt, auch wenn sie im Wahrig nicht genannt werden.*

Es gibt eine große Anzahl verschiedener Leukozyten-Typen. Einige davon sind Bestandteil der unspezifischen Abwehr, indem sie Fremdmaterial wie Mikroorganismen durch Phagozytose aufnehmen und zerstören; man nennt diese Gruppe deshalb Fresszellen. Ein Typ davon ist besonders groß und trägt deshalb die Bezeichnung Makrophage (*makros*, altgr.: groß; *phagein*, altgr.: essen), deutsch: Riesenfresszelle. (*Diese Fachbegriffe stehen zwar nicht im Lehrplan, sollten aber von den Schülern gelernt werden, damit sie die unterschiedlichen Typen von Leukozyten, denen sie begegnen, benennen können.*)

Der LehrplanPLUS verlangt an dieser Stelle nicht die Besprechung der Phagozytose. Es genügt also, den Vorgang kurz vorzustellen und vor allem visuell zu veranschaulichen. Weil die Phagozytose in der Kursphase bei der Endosymbionten-Theorie zur Entstehung von Mitochondrien und Chloroplasten eine Rolle spielen wird, kann es aber sinnvoll sein, diesen Begriff jetzt schon zum Lernstoff zu erheben.

Zusatzinformation, kein Lerninhalt: Makrophagen stellen möglicherweise den stammesgeschichtlich ältesten Teil der Immunabwehr dar. Sie wurden bei Taufiegen (*Drosophila*) und sogar bei Pflanzen nachgewiesen.

Funktion: Makrophagen besitzen auf ihrer Zelloberfläche Strukturen, die zwischen körpereigenen und körperfremden Proteinen unterscheiden können. Wenn ein Makrophage in Kontakt mit einem körperfremden Protein kommt, das z. B. auf der Oberfläche eines Bakteriums sitzt, dann umfließt er dieses Bakterium, nimmt es in sein Zellinneres auf und zerlegt dessen Moleküle grob. Die dabei entstehenden Molekül-Bruchstücke präsentiert der Makrophage dann auf seiner Zelloberfläche.

1.5.5 Chemische Waffen: antimikrobielle Proteine

Speichel, Tränenflüssigkeit oder Blut enthalten Proteine zur Bekämpfung von Mikroorganismen. Ein Beispiel ist das Enzym Lysozym. Es katalysiert die Spaltung einer spezifischen chemischen Bindung innerhalb der Bakterienzellwand. (Keine Einzelheiten! Hinweis nur für die Lehrkraft: Es handelt sich um die Bindung zwischen den Resten von N-Acetylmuraminsäure und N-Acetylglucosamin im Mureinmolekül, das die Bakterienzellwand bildet.) Lysozym ist also spezifisch gegen Bakterien wirksam und nicht gegen eukaryotische Zellen, weil letztere keine Bakterienzellwand besitzen.

1.5.6 Die Entzündungsreaktion

An der Stelle einer Verletzung, eines eingedrungenen Fremdstoffs oder eingedrungener Krankheitskeime reagiert der Körper mit einer örtlich begrenzten Entzündungsreaktion: Die Stelle wird rot, besonders warm, schwillt an und schmerzt. Leukozyten, die gerade dabei sind, Mikroorganismen zu bekämpfen, geben Signalstoffe ab, die eine Entzündung auslösen.

Die Schüler sollten erkennen, dass die Entzündung, so unangenehm sie ist, keine Fehlfunktion des Körpers darstellt, sondern eine Strategie zur Heilung. Der Schmerz sorgt dafür, dass die betreffende Stelle geschont wird. Rötung, Wärme und Anschwellung kommen dadurch zustan-

de, dass sich die Blutgefäße erweitern. Dies hat den Effekt, dass vermehrt Nährstoffe und Sauerstoff, aber auch Leukozyten zur Schadstelle transportiert werden.

Ist die Anzahl von Leukozyten nach der Bekämpfung sehr hoch, können sie in Form von Eiter nach außen abgegeben werden.

1.6 Spezifische Abwehr einer Infektion (3 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
spezifische Abwehr einer Infektion: Erkennen körperfremder Antigene, Bildung von Antikörpern, humorale und zellvermittelte Immunantwort durch Leukozyten, Fehlreaktion des Immunsystems (Allergie, z. B. Pollenallergie) primäre und sekundäre Immunantwort	erläutern körpereigene unspezifische sowie spezifische Abwehrmechanismen zum Schutz vor Parasiten und Krankheitserregern und beschreiben Allergien als Fehlreaktionen des Immunsystems.
Vorwissen: Jgst. 9 Biologie , Lernbereich 3.1: Speicherung und Realisierung genetischer Information (Schlüssel-Schloss-Prinzip)	Weiterverwendung: -

Hinweise:

- *Die Mechanismen der spezifischen Abwehr sind hochkomplex. Deshalb ist eine verhältnismäßig starke didaktische Reduktion unbedingt notwendig. Es sollten auf keinen Fall mehr Aspekte angesprochen werden, als die Mechanismen, die im LehrplanPLUS verlangt sind.*
- *Besonders wichtig ist bei diesem Thema eine klare Visualisierung. Zu diesem Zweck habe ich graphische Darstellungen für Arbeitsblätter bzw. Projektionen entwickelt.*
- *Es wäre verwegen anzunehmen, dass sich die Schüler alle Einzelheiten der spezifischen Abwehr auf Dauer merken könnten (probieren Sie nur mal aus, was Ihnen ohne nachzuschlagen spontan dazu einfällt!). Sie sollten sich deshalb vorweg darüber klar werden, was Sie bei diesem Abschnitt wirklich erreichen wollen, beispielsweise:*
 - *Übungen zu prozessbezogenen Kompetenzen (vgl. Arbeitsblätter)*
 - *Vertiefung bezüglich des Schlüssel-Schloss-Prinzips*
 - *wesentliche neue Fachbegriffe, die dann auch oft verwendet werden (wie Antigen, Antikörper)*
 - *Erklärung des Grundprinzips hinter der Aussage: „Bei Kontakt mit einem Erreger bildet der Körper im Zeitraum von zwei Wochen passende Antikörper.“*
- *Hilfreich kann am Ende ein kurzes Rollenspiel sein, bei dem die Schüler die Rollen der unterschiedlichen Zellen bzw. Proteine übernehmen. Das Spiel wird am besten von der Klasse selbst entworfen.*

Erreger, die durch die unspezifische Abwehr nicht ferngehalten werden konnten, dringen in den Körper ein und werden von der spezifischen Abwehr bekämpft.

1.6.1 Erkennen körperfremder Antigene

Wesentliche inhaltliche Aspekte:

- Der Unterschied zur unspezifischen Abwehr: Während bei der unspezifischen Abwehr lediglich festgestellt wird, dass eine Struktur (z. B. ein Protein) körperfremd ist, werden bei der spezifischen Abwehr bestimmte charakteristische Eigenschaften (Erkennungsmerkmale) dieser Struktur identifiziert. *(Das sind v. a. die genaue dreidimensionale Form sowie das Ladungsmuster – v. a. von Teilladungen δ^+ und δ^- bestimmter Bereiche der Molekül-*

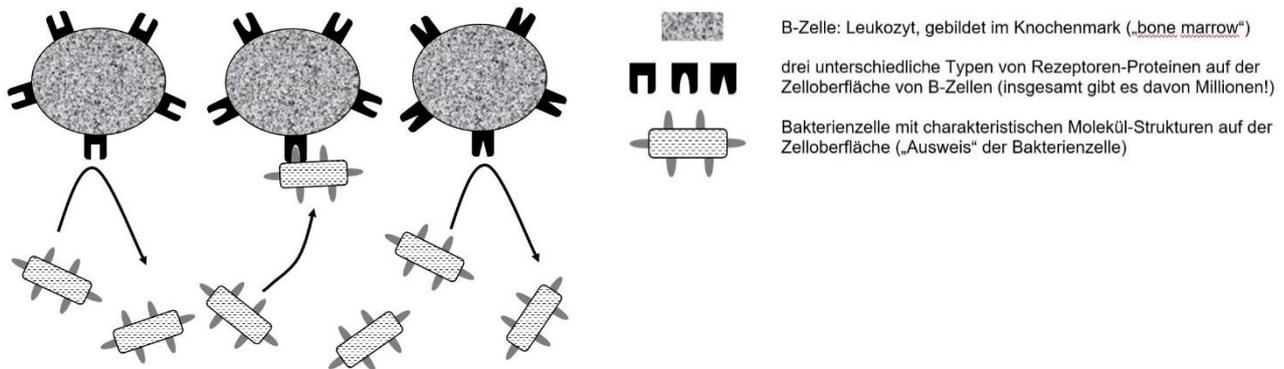
oberfläche. Dies ist kein Lerninhalt für die Schüler, allenfalls geeignet zur Begabtenförderung.)

- Ein Molekül, das nicht nur pauschal als körperfremd erkannt, sondern anhand seiner Feinstruktur identifiziert wird, wird als Antigen bezeichnet. Die meisten Antigene sind Proteine. (*Hinweis: Die Erklärung der Wortherkunft sollte hier entfallen. Nur für die Lehrkraft: „antibody generator“.*)
- Eine bestimmte Art von Leukozyten heißt B-Zelle (die Bezeichnung B kommt von *bone marrow*, denn B-Zellen werden im Knochenmark gebildet). B-Zellen tragen auf ihrer Zelloberfläche Protein-Rezeptoren, die wie Antennen wirken. Von diesen Rezeptoren gibt es millionenfache Varianten, wobei jede B-Zelle nur über eine einzige verfügt. (*Hinweis: Es würde zu weit führen, an dieser Stelle zu erklären, wie diese Vielfalt zustande kommt nämlich über eine sehr hohe Mutationsrate an ganz bestimmten Stellen des Rezeptor-Gens.*)
- Wenn Zellen eines Mikroorganismus, die ein bestimmtes Antigen tragen, in den Körper gelangen, dann kommen sie mit sehr vielen Plasmazellen in Berührung. Wenn dabei ein Rezeptor gut auf eines der Antigene passt (wie ein Schlüssel zum Schloss), dann bleibt der Rezeptor auf diesem Antigen haften. (*Hinweis: Auch andere Leukozyten besitzen Rezeptoren, die sich mit passenden Antigenen verbinden können. Sie sollten an dieser Stelle unerwähnt bleiben.*)

Arbeitsblatt: Immunsystem 1 – Antigene erkennen [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Abbildung in schwarzweiß [\[jpg\]](#), in Farbe [\[jpg\]](#);

Legende in schwarzweiß [\[jpg\]](#), in Farbe [\[jpg\]](#)



1.6.2 Antikörper

Arbeitsblatt: Immunsystem 2 – Antikörper [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Hinweis: Idealerweise werden die beiden neuen Begriffe Antigen und Antikörper nicht in der gleichen Unterrichtsstunde eingeführt (zeitlicher Kontrast). Bei ähnlich klingenden Begriffen ist es besser, wenn die Schüler den einen Begriff bereits voll in sich aufgenommen haben („drüber geschlafen“ haben), bevor der zweite dazu kommt.

Bildung von Antikörpern:

- Nachdem sich passende Antigene an die Rezeptoren einer B-Zelle gebunden haben, wird der Antigen-Rezeptor-Komplex in das Zellinnere aufgenommen und zerlegt, um anschließend die Antigen-Moleküle auf der Oberfläche der B-Zelle zu präsentieren.

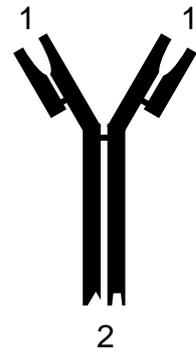
- Daraufhin werden die B-Zellen von anderen Leukozyten, den sogenannten T-Helferzellen*, aktiviert. Diese Aktivierung hat folgende Auswirkungen:
- Die meisten aktivierten B-Zellen wandeln sich in sogenannte Plasmazellen um, die sich oftmals teilen, spezifische Antikörper (s. u.) herstellen und diese ins Blut bzw. in die Lymphe ausschütten. Die Lebensdauer der Plasmazellen beträgt zwischen wenigen Tagen bis über ein Jahr. Plasmazellen stellen bis zu 1000 identische („monoklonale“) Antikörper-Moleküle pro Sekunde her. (*Hinweis: Das Lymphsystem ist kein Lerninhalt im LehrplanPLUS und kann einfach weggelassen werden.*)

* T-Zellen entstehen in der Thymus-Drüse, die oberhalb des Herzens hinter dem Brustbein sitzt.

Hinweis: Der LehrplanPLUS verlangt die unterstrichenen Fachbegriffe nicht ausdrücklich, ich empfehle aber, sie zum Lerninhalt zu erklären.)

Bau eines Antikörpers:

Ein Antikörper ist ein hochspezialisiertes Protein in Y-Form, das aus zwei langen und zwei kurzen Untereinheiten besteht. Die beiden Arme am einen Ende des Antikörpers tragen je eine identische Antigen-Bindungsstelle (1). Das andere Ende trägt eine Bindungsstelle für Fresszellen (2).



Bilddatei der hier dargestellten Skizze: [\[jpg\]](#)

(Hinweis: Eine Unterscheidung der verschiedenen Antikörper-Typen wie IgA, IgG usw. halte ich in der 10. Klasse nicht für sinnvoll.)

1.6.3 Die humorale Immunantwort – Bekämpfung von Erregern außerhalb der Zellen

Humoral (*[h]umor*, lat.: Feuchtigkeit, Flüssigkeit) bedeutet in diesem Zusammenhang: in den Körperflüssigkeiten, also v. a. im Blut. Dabei werden Antikörper wirksam, die frei im Blut (oder anderen Flüssigkeiten) schwimmen. Sie treffen auf die Antigene von Erregern, die sich zwar bereits im menschlichen Körper, aber noch außerhalb der Wirtszellen befinden.

Wirkungsweise von freien Antikörpern:

- Inaktivierung: Wenn sich ein Antikörper-Molekül mit einem Antigen-Molekül zu einem Antigen-Antikörper-Komplex verbindet, wird das Antigen-Molekül dadurch inaktiviert. Das ist z. B. wesentlich, wenn das Antigen zum Eindringen eines Erregers in eine Wirtszelle notwendig ist (z. B. das Spikeprotein des Corona-Virus).
- Vernichtung: Ein Antigen-Antikörper-Komplex stellt für Fresszellen ein Signal dar, an der dafür zuständigen Bindungsstelle anzudocken und den Komplex mit allem, was daran hängt (Bakterium, Virus) durch Aufnahme in die Zelle (Phagozytose) und Verdauung zu vernichten.
- Verklumpung: Jedes Antigen-Molekül besitzt zwei Bindungsstellen für Antigene, kann also z. B. zwei Bakterien oder Viren fest miteinander verbinden. Weil jeder Erreger viele Antigen-Moleküle besitzt, entstehen auf diese Weise Klumpen aus vielen Erregern, die dadurch unbeweglich werden und von Fresszellen vernichtet werden, bevor sie in Wirtszellen eindringen können.

Hinweise:

Es können auch weniger als diese drei Haupteffekte besprochen werden. Wichtig ist, dass die Schüler zumindest exemplarisch eine Vorstellung davon bekommen, auf welche Weise Antikörper zur Bekämpfung eingedrungene Erreger beitragen.

Die Schüler sollten selbständig zu jeder der besprochenen Wirkungsweisen eine beschriftete Skizze anfertigen.

Je höher die Passgenauigkeit zwischen Antikörper und Antigen ist, desto fester ist die Bindung im Antigen-Antikörper-Komplex. (Die Bindung erfolgt über Wasserstoffbrücken und Dipolkräfte. Das kann in NTG-Klassen erwähnt werden, denn in diesem Schulzweig bildet das Wechselwirkungskonzept den Lernbereich 5 in der 9. Klasse Chemie. In Nicht-NTG-Klassen kommt dieses Konzept als Lernbereich 3 erst später in den 10. Klasse Chemie, ist also am Anfang des Schuljahres noch nicht bekannt.)

1.6.4 Die zellvermittelte Immunantwort – Zerstörung von befallenen Körperzellen

Zellen, die bereits von einem Erreger infiziert sind, dienen der Vermehrung dieser Erreger und müssen deshalb möglichst schnell zerstört werden. Solche Zellen präsentieren Bruchstücke von Molekülen der Erreger auf ihrer Zelloberfläche.

Bei der zellvermittelten Immunantwort agiert eine weitere Klasse der Leukozyten und zwar die sogenannten T-Killerzellen. Auch sie besitzen spezielle Rezeptor-Proteine auf ihrer Zelloberfläche, mit denen sie bestimmte Antigene identifizieren und binden können. Sobald so ein Rezeptor ein Antigen gebunden hat, das auf einer infizierten Zelle präsentiert wird, zerstört die Killerzelle die Wirtszelle, indem sie ihre Zellmembran auflöst.

Hinweis: Dazu sollten die Schüler selbständig eine beschriftete Skizze anfertigen.

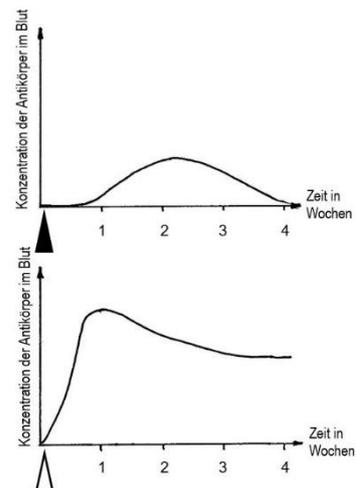
1.6.5 Primäre und sekundäre Immunantwort

Hinweis: Ich gliedere diesen Aspekt bei der spezifischen Abwehr ein (anders als im Lehrplan-PLUS platziert) und nehme ihn damit aus der Impf-Thematik heraus.

Arbeitsblatt: Immunsystem 3 – primäre und sekundäre Immunantwort [[word](#)] [[pdf aus scan](#)] Abbildung Diagramme [[jpg](#)], Legende [[jpg](#)]

Zu Beginn dieses Abschnitts könnten die Schüler eine Graphik beschreiben, in der die Konzentration der Antikörper gegen ein bestimmtes Antigen bei der primären sowie sekundären Immunantwort dargestellt ist (z. B. Buchner Biologie 10, S. 37, Abb. B4 oder die folgende Darstellung):

▲ Zeitpunkt des erstmaligen Kontakts mit einem Antigen
 △ Zeitpunkt des zweiten Kontakts mit dem selben Antigen



a) Die primäre Immunantwort

Sie tritt beim ersten Kontakt mit einem bestimmten Erreger auf und entspricht den in den Abschnitten 1.6.3 und 1.6.4 dargestellten Abläufen.

Typischer Verlauf: Die Konzentration der Antikörper gegen ein Antigen des Erregers nimmt über zwei Wochen hinweg zu, erreicht nach Ablauf der zweiten Woche ihr Maximum und nimmt im Verlauf der nächsten beiden Wochen fast auf Null ab.

b) Die sekundäre Immunantwort

Sie tritt beim wiederholten Kontakt mit dem selben Erreger auf.

Typischer Verlauf: Die Konzentration der Antikörper nimmt rasch zu und erreicht am Ende der ersten Woche ihr Maximum, das 2 bis 3 mal so hoch liegt wie bei der primären Immunantwort. Danach nimmt die Antikörper-Konzentration etwas ab und bleibt in den folgenden Wochen auf einem Niveau, das deutlich über dem Maximum der primären Immunantwort liegt. D. h.: Das Immunsystem reagiert nach erneutem Kontakt mit dem selben Erreger erheblich schneller, intensiver und länger anhaltend.

Die sekundäre Immunantwort ist also sehr effizient. Lebewesen, die darüber verfügen, besitzen damit einen erheblichen Selektionsvorteil, weil sie weniger lang und weniger intensiv krank sind bzw. bei erneutem Kontakt mit einem Erreger meist überhaupt nicht krank werden und dadurch mehr Nahrung beschaffen und letztendlich mehr Nachkommen hervorbringen können.

c) Gedächtniszellen

Aus dem Diagramm geht hervor, dass sich das Immunsystem offensichtlich daran erinnern kann, wie der erfolgreiche Antikörper aus der Erstinfektion ausgesehen hat.

Während der Immunreaktion auf die erste Infektion wandelten sich einige der aktivierten B-Zellen, die einen erfolgreichen Antikörper herstellten, in sogenannte Gedächtniszellen um. Das selbe geschah mit einigen der erfolgreichen T-Killerzellen. Gedächtniszellen speichern den Bauplan für ihren spezifischen Antikörper bzw. Rezeptor jahrzehntelang. Sie befinden sich in Organen, die weiße Blutzellen produzieren (Milz, Knochenmark), aber auch in wie Blut, Leber, Niere und Lunge.

1.6.6 Effektivität des Immunsystems

Mit zunehmendem Alter wird zwar der Informationsspeicher der Gedächtniszellen immer umfangreicher, aber die Immunreaktion selbst wird immer schwächer. Deshalb sind alte Menschen gefährdeter als junge.

Das Immunsystem kann z. B. durch folgende Maßnahmen vorbeugend unterstützt werden:

- regelmäßiger Verzehr von frischen Zitrusfrüchten wie Orangen oder Zitronen
- ausreichend Bewegung
- regelmäßige Kneippanwendungen wie kalter Fuß- und Schenkelguss

1.6.7 Fehlreaktion des Immunsystems

Die Abläufe im Immunsystem sind sehr komplex und werden von Botenstoffen wie auch von T-Helferzellen gesteuert. In der Regel ist die Konzentration der verschiedenen Antikörper deshalb mehr oder weniger optimal und wendet sich gegen Eindringlinge, die für uns eine Gefahr bedeuten.

Botenstoffe wie z. B. Histamine (*der Fachbegriff ist kein Lerninhalt*) werden von sogenannten Mastzellen, die zwischen den Zellen vieler Gewebe sitzen, gespeichert und gegebenenfalls ausgeschüttet. Freigesetzte Histamine lösen eine Entzündungsreaktion aus (unspezifische Abwehr), die im Normalfall die Bekämpfung von eingedrungenen Erregern unterstützt.

In besonderen Fällen stellen Plasmazellen Antikörper gegen eigentlich harmlose Antigene her, wie sie u. a. auf Pollenkörnern, Milbenkot, Zellen von Erdbeeren, Schrimps usw. sitzen. Beim ersten Kontakt mit solchen Antigenen setzen sich die dagegen wirksamen Antikörper auf die Oberfläche von Mastzellen. Der Erstkontakt ruft noch keine körperliche Reaktion hervor.

Beim Zweitkontakt docken die Antigene an die jetzt auf den Mastzellen befindlichen Antikörper an, worauf diese Histamin in großer Menge ausschütten und dadurch eine rasche und massive Entzündungsreaktion hervorrufen (starke Schwellung, lokal erhöhte Temperatur).

So eine kontraproduktive Reaktion auf an sich harmlose Antigene nennt man: die Allergie (*allos*, altgr.: fremd; *ergon*, altgr.: Reaktion). Antigene, die eine Allergie auslösen, nennt man Allergene.

Hinweis: Grundsätzlich sollte dieser Abschnitt nur knapp behandelt werden. Wenn sich in der Klasse aber Allergiker befinden, die eine vertiefte Behandlung wünschen, sollte man in Maßen darauf eingehen und dafür an anderer Stelle kürzen.

1.6.8 Das HI-Virus*

Hinweise: Die hier aufgeführten Inhalte werden vom LehrplanPLUS nicht gefordert. Ich halte sie aber für wichtig, weil das Thema AIDS in den Medien kaum noch vorkommt. Gleichzeitig können die folgenden Inhalte als Lernzielkontrolle eingesetzt werden z. B. durch kurze Angaben (z. B.: „Die Wirtszellen des HI-Virus sind T-Zellen.“), zu denen die Schüler die weiteren Folgen formulieren. – Wer das Thema AIDS erweitert und zusammenhängend unterrichten möchte, sollte das an dieser Stelle einplanen, weil die Schüler erst jetzt genügend Hintergrundwissen besitzen, das sie kumulativ im neuen Kontext anwenden können.

Als Wirtszellen für das HI-Virus wirken ausgerechnet die T-Zellen des spezifischen Immunsystems; das kommt einem Großbrand in der Feuerwehrentrale gleich. Wenn zu viele T-Zellen zerstört sind, ist die gesamte Immunabwehr stark geschwächt, so dass andere Infektionskrankheiten, die normalerweise harmlos verlaufen oder sehr effektiv vom Immunsystem bekämpft werden, in schweren Formen auftreten, die bisweilen tödlich enden.

Ein weiteres Problem sind häufige Mutationen in den Genen für die Hüllproteine. Deshalb sind die Antikörper der Primärreaktion bei Sekundärreaktionen nur eingeschränkt oder gar nicht wirksam. (Aus dem gleichen Grund gibt es auch keine Impfung gegen das HI-Virus.)

Die Inkubationszeit, also die Zeit zwischen dem Eindringen des Erregers in den Körper und der Vermehrung der Viren, kann sehr lange dauern, bis in den Bereich von Jahrzehnten.

Bei Verdacht auf Ansteckung kann zwei bis drei Wochen nach dem vermuteten Ansteckungszeitpunkt ein Test auf Antikörper gegen HI-Viren im Blut durchgeführt werden, der von der Krankenkasse bezahlt wird.

Eine echte Heilung ist bislang nicht möglich, wohl aber eine effektive Verzögerung.

1.7 Immunisierung (2,5 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
aktive und passive Immunisierung, Schutzimpfungen, gesellschaftliche Bedeutung (Impfempfehlungen, Impfmüdigkeit) <i>Gesundheitsbewusstsein und Verantwortung: u. a. Impfung (Lernbereich 1)</i>	erläutern das Prinzip der aktiven und passiven Immunisierung sowie die Notwendigkeit von vorbeugenden Schutzimpfungen, um in entsprechenden Lebenssituationen sachgerecht handeln zu können. <i>beurteilen die Folgen von Maßnahmen und Verhaltensweisen für die eigene Gesundheit und die Gesundheit anderer, um auch unter Einbezug gesellschaftlicher Perspektiven bewusste wertorientierte Entscheidungen für die Gesunderhaltung treffen zu können (z. B. Impfungen). (Lernbereich 1)</i>
Vorwissen: aus den vorangegangenen Abschnitten	Weiterverwendung: -

Während der Corona-Pandemie machte sich bei einer Minderheit der deutschen Bevölkerung eine ausgeprägte Impf-Skepsis breit, die wohl in vielen Fällen darauf beruhte, dass die Menschen zu wenig biologische bzw. medizinische Vorbildung hatten und sich v. a. durch die Medien verunsichern ließen. Mit dem Begriff „Impfmüdigkeit“ schreibt der LehrplanPLUS unmissverständlich vor, dass im Unterricht auf die Impfskeptiker einzugehen ist. Auf der anderen Seite sollten die Schüler lernen, wie Impfkampagnen wirken und welchen Segen sie darstellen können. Auch wenn sie der LehrplanPLUS nicht erwähnt, halte ich es für sehr sinnvoll, an dieser Stelle kurz auf die mRNA-Impfstoffe einzugehen, denn einerseits wiederholen dadurch die Schüler Grundwissen aus der Molekulargenetik und andererseits verstehen sie die Vorteile dieser Methode, die in nächster Zeit vermutlich ganz erheblich an Bedeutung gewinnen wird (auch in der Krebstherapie).

Informationsblatt zu mRNA-Wirkstoffen (Stand: 2021; Zusammenfassung eines Artikels in biuz): [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Informationsblatt zu Sars-Cov-2 (Virus, Impfstoffe, Tests, Vorgänge an und in der Wirtszelle): [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Informationsblatt zur Geschichte der mRNA-Impfstoffe (sowie Fake-News): [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

In diesem Abschnitt spielt die prozessbezogene Kompetenz „Bewerten“, evtl. mit einer gefühlsgeladenen Diskussion, eine herausragende Rolle. Deshalb kann es sein, dass 2,5 Unterrichtsstunden dafür nicht ausreichen.

1.7.1 Die passive Immunisierung – Heil-Impfung

Über Wunden können Erreger in den menschlichen Körper eindringen und schwere, möglicherweise tödlich endende Krankheiten auslösen, z. B.:

- Sporen des Bakteriums *Clostridium tetani*, der Erreger des Wundstarrkrampfs (Tetanus) bei Arbeiten in der Gartenerde
- Tollwut-Viren durch Biss von Wildtieren
- Hepatitis-B-Virus durch Verletzung mit einer Nadel, die z. B. mit Blut eines infizierten Menschen verunreinigt ist.

Gegen die drei genannten Erreger gibt es wirksame Impfstoffe, es gibt aber keine Impfpflicht in Deutschland. Wenn der Verdacht besteht, dass sich eine Person auf diese Weise infiziert haben könnte, muss sehr schnell gehandelt werden. Dazu wird der Person eine große Menge an Antikörpern gegen ein Antigen des jeweiligen Erregers ins Blut gespritzt. Diese Methode heißt passive Immunisierung, weil der Körper des Patienten selbst keine Antikörper produziert. Sie heißt auch Heil-Impfung, weil sie nur in der Zeit unmittelbar nach der Antikörpergabe heilt, aber keine dauerhafte Schutzwirkung hat, da Antikörper nach relativ kurzer Zeit abgebaut werden.

Weil das Immunsystem des Patienten nicht aktiv wird, werden auch keine Gedächtniszellen gebildet, so dass der Patient nicht immun gegen den jeweiligen Erreger wird.

Ursprünglich wurden die Antikörper aus dem Blut von Menschen oder anderen Säugetieren gewonnen, die die entsprechende Infektion durchgemacht hatten. Heute werden die Antikörper meistens durch menschliche Zellkulturen hergestellt.

Merksatz: Die passive Immunisierung ist eine Heil-Impfung, bei der nach einer (möglichen) Infektion eine große Menge Antikörper verabreicht werden.

1.7.2 Die aktive Immunisierung – Schutz-Impfung

Thematisch gehört an diese Stelle zwar die Geschichte der ersten aktiven Immunisierung gegen Pocken durch Edward Jenner. Ich rate aber, zunächst den gesamten Abschnitt zur Impfung zu

besprechen, um zu sehen, wie viel Zeit der Punkt 1.7.3 benötigt. Danach ist klar, ob bzw. wie intensiv dieses Stück Medizingeschichte noch thematisiert werden kann. Unter 1.7.4 sind die wesentlichen Aspekte dazu zusammengefasst.

Vorwissen aus 1.6.5: Jeder Mensch infiziert sich im Laufe seines Lebens mit vielen unterschiedlichen Erregern, die dann von seinem Immunsystem bekämpft werden. Dabei werden Gedächtniszellen gebildet, die dafür sorgen, dass bei einer erneuten Infektion mit dem selbem Erreger effektive Antikörper sehr schnell und in großer Menge gebildet werden. Im Extremfall genügt eine einzige Infektion, um für den Rest des Lebens gegen einen Erreger immun zu sein wie z. B. bei den Masern.

Die aktive Immunisierung ahmt eine Infektion mit einem Erreger nach, so dass das Immunsystem wie beim Erstkontakt mit einem echten Erreger passende Antikörper dagegen entwickelt und den Bauplan dafür in Gedächtniszellen speichert. Bei einer nachfolgenden Infektion mit dem echten Erreger erfolgt eine sekundäre Immunantwort, das heißt, das Immunsystem reagiert schnell und intensiv, so dass die Infektions-Krankheit nicht ausbricht oder nur milde verläuft.

Bei der aktiven Immunisierung werden keine voll funktionstüchtigen Erreger gespritzt, damit die Infektions-Krankheit nicht ausbricht. Die Antigene können (alternativ) auf unterschiedliche Weise in den Körper gebracht werden:

a) Lebendimpfstoffe:

- abgeschwächte Erreger, bei denen es im Wirt zwar noch zu einer Vermehrung kommen kann, aber ohne die Infektionskrankheit auszulösen, weil nur sehr geringe Mengen des Erregers verabreicht werden. Diese Methode wird bei Patienten mit eingeschränkt leistungsfähigem Immunsystem nicht angewendet.

b) Totimpfstoffe:

- „abgetötete“ Erreger (bei Viren sagt man besser: funktionsuntüchtige Erreger)
- Antigene enthaltende Teile des Erregers wie Bruchstücke der Bakterien-Zellwand oder Spike-Proteine von Viren (Spike-Proteine dienen der Anheftung an und dem Eindringen in die Wirtszelle)
- Baupläne für Antigene des Erregers in Form von DNA (z. B. beim AstraZeneca-Wirkstoff gegen Coronaviren) oder mRNA (z. B. beim BioNTech-Wirkstoff gegen Coronaviren) [Das RKI ordnet diese Impfstoffe den Totimpfstoffen zu.] Die verabreichte Erbinformation gelangt in das Innere von Zellen des Patienten, deren Ribosomen daraufhin das Antigen (beim Corona-Virus: das Spike-Protein) produzieren.

Merksatz: Die aktive Immunisierung ist eine Schutzimpfung, weil sie vor einer Infektion mit dem echten Erreger stattfindet. Dabei wird durch Verabreichung der Antigene das Immunsystem des Patienten angeregt, selbst Antikörper dagegen zu entwickeln und die Baupläne dafür in Gedächtniszellen zu speichern.

1.7.3 Gesellschaftliche Bedeutung

Dieser Abschnitt betrifft die prozessbezogene Kompetenz *Bewerten*. Aufgrund der unterschiedlichen Haltungen der Bevölkerung während der Corona-Pandemie wird das Thema Impfen noch einige Zeit emotional stark aufgeheizt sein. Es stellt eine Herausforderung für die Lehrkraft dar, an dieser Stelle alle persönlichen Standpunkte zuzulassen, darauf zu achten, dass kein Mitglied der Klasse bloß gestellt wird, aber dennoch den wissenschaftlichen Aussagen gebührenden Platz einzuräumen.

Unter https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Impfen/Bedeutung/Schutzimpfungen_20_Einwaende.html listet das Robert-Koch-Institut (RKI) 20 häufige Argumente von Impfskeptikern und -gegnern auf und nimmt dazu aus wissenschaftlicher Sicht in auch für Zehntklässler gut verständlicher Sprache Stellung.

Die Schüler könnten vor Beginn dieses Abschnitts, am besten anonym, Argumente pro und contra Impfung schriftlich bei der Lehrkraft abgeben, über die anschließend recherchiert und diskutiert wird. Es kann dabei aber nicht Ziel des Unterrichts sein, Impfgegner von einer Impfung zu überzeugen, denn so ein Wandlungsprozess benötigt viel Zeit und innere Einkehr. Vielmehr geht es darum, exemplarisch zu zeigen, wie eine evidenzbasierte gesellschaftliche Diskussion ablaufen hat. Dazu gehört, sich einen anderen Standpunkt anzuhören, ohne aufbrausend zu reagieren. Das ist im Alter von Zehntklässlern zwar noch recht schwierig, aber machbar. Grund genug, den gegenseitigen Respekt in einer Diskussion an dieser Stelle einzuüben! Wenn Sie sich davon zu stark herausgefordert fühlen, holen Sie sich Rat bei der Schulpsychologin bzw. dem Schulpsychologen (ggf. veranstalten Sie die Diskussionsstunde auch gemeinsam).

Ich führe im Folgenden einige Gesichtspunkte an, die mir persönlich wichtig erscheinen. Das heißt nicht, dass diese unbedingt zu berücksichtigen wären oder dass es nicht andere wichtige Gesichtspunkte gäbe.

Zulassung: Bevor ein Impfstoff zugelassen wird, muss er in mehreren Stufen darauf getestet werden, dass er wirksam und verträglich ist. (Bei der Zulassung der Impfstoffe gegen Corona wurden diese Teststufen ausnahmsweise nicht nacheinander, sondern fast gleichzeitig durchgeführt.) Zuständig ist in der EU die Europäische Arzneimittelagentur (EMA), in Deutschland das Paul-Ehrlich-Institut. Empfehlungen zum Umgang mit zugelassenen Arzneimitteln gibt die Ständige Impfkommission (STIKO), die beim Robert-Koch-Institut (RKI) angesiedelt ist und aus ehrenamtlich tätigen, politisch und weltanschaulich unabhängigen Experten besteht.

Wirksamkeit von Impfungen: Aufgrund der weltweit verbreiteten (aber nicht vollständig durchgeführten) Masern-Impfung (Erreger: Masern-Virus) wurde diese Krankheit stark zurückgedrängt und es kommt zu keinen Todesfällen mehr. Ein anderes Beispiel ist die Kinderlähmung (Erreger: Polio-Virus), gegen die in Deutschland seit den frühen 1960er-Jahren geimpft wird (Schluckimpfung). Kinderlähmung tritt seit 1990 in Deutschland nicht mehr auf. Eine Reihe weiterer Erreger schwerer Erkrankungen wurde durch weltweite Impfungen ausgerottet bzw. stark zurückgedrängt.

Impfempfehlungen (LehrplanPLUS): Im Fall von Covid-19 hat die deutsche Regierung nachdrücklich eine Impfempfehlung ausgesprochen, aber (Stand: November 2021) keine Impfpflicht angeordnet. Das bedeutet, dass sich jede Person auch gegen eine Immunisierung entscheiden kann und deshalb ggf. entsprechende Konsequenzen zu tragen hat wie z. B., dass ihr der Zugang zu bestimmten Veranstaltungen innerhalb bestimmter Zeiträume versagt wird oder dass die Krankheit bei einer Infektion einen sehr schweren Verlauf nimmt. (Analogie: Wer darauf verzichtet, eine Hausratversicherung abzuschließen, muss als Konsequenz den Schaden z. B. bei einem Einbruch selbst tragen.)

Impfpflicht: 1874 wurde in Deutschland zum ersten Mal eine Impfpflicht ausgesprochen und zwar gegen Pocken bei Kindern zwischen 1 und 12 Jahren. In der DDR gab es eine Impfpflicht u. a. gegen Pocken (bis 1982), Tuberkulose (ab 1953), Kinderlähmung (ab 1961), Diphtherie (ab 1961), Wundstarrkrampf = Tetanus (ab 1961) oder Masern (ab 1970). In den Bundesländern gab es bis 1954 eine Impfpflicht gegen Diphtherie sowie 1949-1975 gegen Pocken. Ab 1. März 2020 gilt in Deutschland für Kinder ab dem ersten vollendeten Lebensjahr und be-

stimmte Bevölkerungsgruppen wie Erzieher, Lehrkräfte oder medizinisches Personal eine Pflicht, sich gegen Masern impfen zu lassen.

In vielen Bereichen des Lebens gibt es staatlich verordnete Pflichten, die heute akzeptiert sind und nicht diskutiert werden. Ein Beispiel ist die Anschnallpflicht im Auto, durch die volkswirtschaftliche Schäden nach Unfällen minimiert werden sollen (Ausfall der Arbeitskraft, Aufwand in Kliniken usw.). Sie gilt in den alten Bundesländern z. B. für Erwachsene seit 1976 (Vordersitze) bzw. 1980 (Rücksitze). Bei der Einführung gab es massive Proteste gegen den Sicherheitsgurt; so wurde befürchtet, nach einem Unfall gefesselt zu sein und nicht mehr aus dem brennenden Wagen flüchten zu können (was aber nicht möglich wäre, wenn man gegen die Windschutzscheibe geknallt ist). Heute zweifelt kaum jemand den Zweck dieser Vorschrift an. – Jeder Einwohner Deutschlands muss krankenversichert sein und für jedes deutsche Kraftfahrzeug muss eine Kfz-Haftpflichtversicherung abgeschlossen sein. Dies wird nicht in Frage gestellt, auch wenn andere Länder diese Regelung nicht haben bzw. sie nicht überwachen.

Krank durch Impfung? Hierbei ist streng zu unterscheiden zwischen der Impfwirkung und Impf-Nebenwirkungen.

Impfwirkung: Die Impfung simuliert eine Infektion und ruft meist mehr oder weniger deutliche Symptome einer Immunreaktion hervor wie Rötung, Schwellung und Schmerzen an der Einstichstelle, erhöhte Körpertemperatur, Abgeschlagenheit, Kopfschmerzen („Erkältungsgefühl“). Dies alles zeigt nur an, dass das Immunsystem aktiv ist, d. h. Antikörper gegen die verabreichten Antigene entwickelt.

Impf-Nebenwirkungen (Impfkomplikation): Sie treten extrem selten auf. Bei Lebend-Impfstoffen kann es in seltenen Fällen zum Ausbruch der Krankheit in milder Form kommen (z. B. „Impfmasern“), die aber harmlos verläuft und bald überwunden ist. In sehr seltenen Fällen kann es zu einem sogenannten allergisch-anaphylaktischen Schock kommen und zwar aufgrund von Zusatzstoffen (Adjuvantien) im Impfstoff, die dem eigentlichen Totimpfstoff zugegeben werden, um z. B. Immunzellen zu stimulieren. (Der mRNA-Impfstoff gegen das Corona-Virus enthält keine Adjuvantien.) Auch bestimmte Stoffe aus Hühnereiweiß können in sehr seltenen Fällen solche unerwünschten Reaktionen hervorrufen (einige Impfstoffe wie der gegen Grippe werden mit Hilfe von Hühnereiern hergestellt). Im Einzelfall kann meist kein Zusammenhang zwischen der Impfung und einer unerwünschten Nebenwirkung belegt werden; so etwas kann nur über sehr große Datenmengen als statistischer Wert erfasst werden. Grundsätzlich gilt: Die Wahrscheinlichkeit, einen Schaden durch die Krankheit zu erleiden, ist unvergleichlich höher als die Wahrscheinlichkeit, einen Schaden durch die Impfung dagegen zu erleiden.

Gut nachvollziehbar finde ich persönlich eine Skepsis gegenüber einer noch wenig erprobten Methodik wie der Verabreichung von mRNA bzw. DNA bzw. gegenüber einer stark verkürzten Testphase (für Impfstoffe normalerweise mehrere Jahre, bei Corona-Impfstoffen weniger als 1 Jahr). Auf biologischer Unkenntnis beruht dagegen die Befürchtung, das verabreichte Viren-Genmaterial könnte sich in das menschliche Genom einbauen und dort Schaden anrichten, denn wir nehmen in jedem Augenblick Mikroorganismen in unseren Körper auf, ohne dass sich deren Genmaterial in unsere Chromosomen integrieren würde. (Einbau von Fremdgenen kommt zwar vor, aber extrem selten. Die Viren-Gene, die sich im Genom heutiger Menschen nachweisen lassen, haben sich in vielen Jahrmillionen dort angesammelt.)

Impfmüdigkeit (*LehrplanPLUS*): Unter Impfmüdigkeit versteht man die Vernachlässigung oder bewusste Ablehnung von Impfeempfehlungen. Je mehr Menschen immunisiert sind, desto stärker wird der Erreger zurückgedrängt. Je mehr Menschen nicht immunisiert sind, desto massiver tritt der Erreger wieder auf und bedroht damit die sogenannten vulnerablen Gruppen wie Kleinkinder, Vorerkrankte oder Alte. Ein Grund für Impfmüdigkeit liegt in der Überschätzung von vermuteten oder möglichen Impfrisiken und in der Unterschätzung der Gefahren durch die Krankheit (letzteres oft, weil diese Krankheiten nicht mehr zum persönlichen Erfahrungsbereich gehören, nicht zuletzt, weil die Impfkampagnen dagegen so erfolgreich waren). Die

Wiedereinführung der Impfpflicht gegen Masern 2020 ist eine Reaktion auf eine immer stärkere Impfmüdigkeit bezüglich der Masernimpfung seit den 1980er-Jahren.

Spaltung der Gesellschaft: Das breite Meinungsspektrum bezüglich der Corona-Impfungen birgt die Gefahr einer Spaltung der Gesellschaft. Demokratie funktioniert, solange man sich gegenseitig zuhört (man muss den anderen Standpunkt ja nicht gut heißen oder gar für sich selbst annehmen). Nicht zuletzt durch die modernen Kommunikationsmedien ist die Gefahr der Bildung gesellschaftlicher Blasen gegeben, in denen Informationen oder Meinungen außerhalb der Blase ignoriert oder als Falschmeldung betrachtet werden. Die Schule hat die Aufgabe, dem gegenzusteuern.

1.7.4* Wissenschaftsgeschichte der aktiven Immunisierung

Die Pocken werden durch Pockenviren ausgelöst. Dabei entstehen auf der Haut große Bläschen, die verkrusten; verschiedene Organe können stark geschädigt werden, knapp ein Drittel der Infizierten stirbt daran. Zudem ist die Krankheit hochinfektiös, d. h. sie wird sehr leicht übertragen.

Bereits am Anfang des 18. Jahrhunderts wurde vermutet, dass Menschen, die beim Melken regelmäßig Kontakt mit Rindern hatten, die mit Kuhpocken infiziert waren, nicht an humanen Pocken erkrankten. Viele hielten das aber für einen „Milchmädchen-Mythos“.

Edward Jenner, ein britischer Arzt, konnte in den 1770er-Jahren beobachten, dass die Hypothese offenbar doch stimmte. 1796 impfte er einen achtjährigen Jungen mit einem Sekret, das er einem Kuhpocken-Bläschen bei einer Milchmagd entnommen hatte. Etwa sechs Wochen später infizierte er den Jungen mit Eiter aus Bläschen von einer Person mit humaner Pockeninfektion; erwartungsgemäß wurde der Junge nicht krank. Den gleichen Versuch unternahm Jenner mit weiteren Personen.

Jenner verzichtete auf eine Patentierung seiner Methode, so dass sie sich schnell verbreiten konnte. Heute wäre eine derart hochriskante Untersuchung nicht zulässig.

Auf die Kuhpocken geht der alternative Begriff für Impfung zurück: Vakzination (*vacca*, lat.: Kuh).

Aufgrund des großen Erfolgs führten viele Länder eine Impfpflicht für die Pockenimpfung ein, wodurch diese sehr gefährliche Krankheit schließlich ausgerottet wurde. In den 1970er-Jahren hob Deutschland deshalb die Pocken-Impfpflicht wieder auf.

1.8 Antibiotika (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Antibiotika: Einflüsse auf das Ökosystem Mensch, Resistenzbildung	beurteilen am Beispiel des Einsatzes von Antibiotika die Auswirkungen eines Eingriffes in die Biozönose des Ökosystems Mensch und erläutern die Risiken einer nichtsachgemäßen Verwendung <i>beurteilen die Folgen von Maßnahmen und Verhaltensweisen für die eigene Gesundheit und die Gesundheit anderer, um auch unter Einbezug gesellschaftlicher Perspektiven bewusste wertorientierte Entscheidungen für die Gesunderhaltung treffen zu können.</i>
Vorwissen: -	Weiterverwendung: Jgst. 12 Lernbereich 2.1: Speicherung und Realisierung genetischer Information

1.8.1 Wortbedeutung und Geschichte

anti, altgr.: gegen; *bios*, altgr.: Leben

Ein Antibiotikum (dies ist der korrekte Singular) richtet sich also gegen das Leben und zwar gegen das Leben bakterieller Erreger, indem es deren Wachstum bzw. Zellteilung hemmt (bakteriostatische Wirkung) oder unmittelbar tödlich wirkt (bakterizide Wirkung). Dabei werden z. B. die Bildung der Zellwand nach einer Zellteilung oder die Protein-Biosynthese an den Ribosomen gehemmt. Viren haben keinen eigenen Stoffwechsel und führen keine Zellteilung durch, deshalb können Viren nicht mit Antibiotika bekämpft werden.

Hinweis: Lernstoff für die Schüler sollte hier nur der Begriff „das Antibiotikum, -a“ sein.

Es handelt sich dabei in der Regel um natürliche Stoffe, die von Pilzen oder Bakterien gebildet werden; inzwischen werden auch modifizierte Naturstoffe und künstliche Wirkstoffe eingesetzt, wobei auch gentechnische Methoden eine Rolle spielen.

Geschichte: Bereits in den 1890er-Jahren wurden vereinzelt Substanzen beschrieben, die als Antibiotikum wirken. Am bekanntesten ist aber die Entdeckungsgeschichte von Alexander Fleming, der 1928 eine Petrischale mit einer Kultur des Bakteriums *Staphylococcus* vergaß. Als sie ihm wieder in die Hände fiel, war sie teilweise mit Schimmel der Art *Penicillium notatum* bedeckt. Fleming beobachtete, dass ein kreisförmiger Hof um die Schimmelflecken herum frei von Bakterien blieb, und schloss daraus, dass der Schimmelpilz einen Stoff abgibt, der Bakterien tötet. Den Stoff nannte er *Penicillin*. 1941 wurde der Reinstoff erstmals medizinisch gegen bakterielle Infektionen eingesetzt. Seither spielen Antibiotika eine bedeutende Rolle in der Medizin. Stierkämpfer infizieren sich mit Bakterien, wenn sie Hornverletzungen davon tragen. Seit Antibiotika eingesetzt werden, sterben Stierkämpfer nicht mehr an diesen Infektionen. Vor der bedeutendsten Stierkampfarena der Welt in Madrid verweist ein Denkmal zu Ehren von Alexander Fleming darauf (vgl. Bild).



Link für dieses Bild:

[\[jpg 1\]](#)

1.8.2 Einflüsse auf das Ökosystem Mensch

Nur in Ausnahmefällen richtet sich ein Antibiotikum speziell nur gegen einen Erregertyp, meist zeigt es seine Wirkung gegenüber einer größeren Gruppe von Bakterien-Arten. Darunter sind auch Symbionten. Vor allem wenn Antibiotika über den Mund verabreicht werden, um im Darm ins Blut aufgenommen zu werden, dezimieren sie weite Bereiche des symbiotischen Mikrobioms im Darm. Dies führt zu Störungen der Verdauung und schwächt das Immunsystem (für dessen Funktion das Darm-Mikrobiom eine lange unterschätzte Rolle spielt). Danach muss versucht werden, das Darm-Mikrobiom wieder aufzubauen, z. B. durch Schlucken spezieller Bakterien-Kulturen.

1.8.3 Resistenz-Bildung

Bei einer Infektion befindet sich eine sehr große Menge an Individuen des Erregers im menschlichen Körper. Manchmal befinden sich darunter einzelne Zellen, die gegen das Antibiotikum resistent sind. Beispielsweise ist bei ihnen das Enzym, das normalerweise von einem Antibiotika-Molekül blockiert wird, etwas anders geformt, so dass das Antibiotika-Molekül daran nicht

binden kann. In anderen Fällen ist liegt ein abbauendes Enzym in ein ungewöhnlichen Form vor, die das Antibiotika-Molekül zerstören kann.

Bei der Behandlung einer bakteriellen Infektion mit einem Antibiotikum werden (so gut wie) alle Zellen des Erregers getötet bzw. an der Vermehrung gehindert – außer den extrem wenigen Individuen, die gegen das Antibiotikum resistent sind. Durch die Wirkung des Antibiotikums befinden sich im befallenen Körperabschnitt nur wenige Bakterien, so dass sich die resistenten Individuen massenhaft vermehren können (weil die Konkurrenz weitgehend fehlt). Wenn sie, z. B. über den Kot, in die Umwelt gelangen und eine andere Person infizieren, dann kann das gleiche Antibiotikum, das zuvor schon verwendet wurde, nichts gegen die resistenten Bakterien ausrichten. Man behilft sich damit, in so einem Fall ein anderes Antibiotikum zu verabreichen, das an einer anderen Stelle angreift.

Durch den geschilderten Selektions-Mechanismus sind mittlerweile viele resistente Formen von Krankheitserregern entstanden, v. a. in Krankenhäusern. Eine ganze Reihe von ihnen ist gegen zwei oder mehr Antibiotika resistent (multiresistente Keime). Damit die Entstehung solcher resistenter Formen ausgebremsst wird, sollten Antibiotika möglichst sparsam eingesetzt werden.

In der Massentierhaltung geschieht aber seit vielen Jahren das genaue Gegenteil: Viele auf engstem Raum gehaltene Tiere neigen vermehrt zu Infektionskrankheiten, weil der Übertragungsweg von einem auf das andere Individuum extrem kurz ist. Deshalb werden dem Tierfutter von vorneherein Antibiotika beigemischt, auch ohne dass eine Infektion aufgetreten wäre. Dies beschleunigt die Bildung resistenter Erreger-Formen enorm. Bakterien können über Artgrenzen hinweg Gene austauschen, so dass Resistenzgene aus dem Nutztier-Mikrobiom in Arten des menschlichen Mikrobioms gelangen können.

Als Lernzielkontrolle beurteilen die Schüler folgende Aussage: „Durch die Verabreichung von Antibiotika können resistente Bakterien entstehen.“ (Das ist falsch, denn die Resistenz muss bereits vorher da sein, sonst überleben die Bakterien nicht. Das Antibiotikum wirkt vielmehr als Selektionsfaktor.)

Als Abschluss sollten die Schüler die wesentlichen Aspekte dieses Lernbereichs in einer Übersicht zusammenfassen. Dafür bietet sich die Form einer **Concept Map** an. Bei ihrer Erstellung müssen die Schüler entscheiden, was sie für wesentlich halten und was sie weglassen können. Oder es werden ihnen alle zu berücksichtigenden Begriffe vorgegeben. Oder es wird ihnen eine Liste der Begriffe vorgegeben und sie sollen aus eigener Entscheidung 2-3 weitere dazu wählen.

Eine Meldung vom Juni 1957 kann von den Schülern bewertet werden, in der empfohlen wird, Antibiotika vorbeugend gegen Rostbildung einzusetzen (Textkasten auf der nächsten Seite). Damals dachte noch niemand an die Gefahr der Resistenzbildung.

Link zur Meldung, abgedruckt in Spektrum der Wissenschaft, Juni 2007, Rubrik „Vor 50 und 100 Jahren“: [\[jpg\]](#)

Antibiotika vorbeugend gegen Rost

»Die Korrosion von Eisen wird durch Mitwirkung von Bakterien beschleunigt, daher lag der Schluß nahe, daß die Antibiotika Salvarsan und Penicillin die Eisenkorrosion inhibieren könnten. Japanische Forscher benutzten für die Untersuchungen Wasser aus einem Teich mit bestimmten Spirochäten ... Eine Stahlrasierklinge blieb in der Flüssigkeit mit einem Zusatz von Salvarsan noch nach Tagen bei 15 Grad rostfrei. Dagegen bildete sich in der Flüssigkeit ohne Salvarsan nach zehn Stunden Rost. Das gleiche konnte mit Penicillin erzielt werden. Die Wissenschaftler empfehlen, Inhibitoren gegen Eisenkorrosionen unter den Arzneimitteln zu suchen.« *Orion*, 12. Jg., Nr. 6, S. 497, Juni 1957